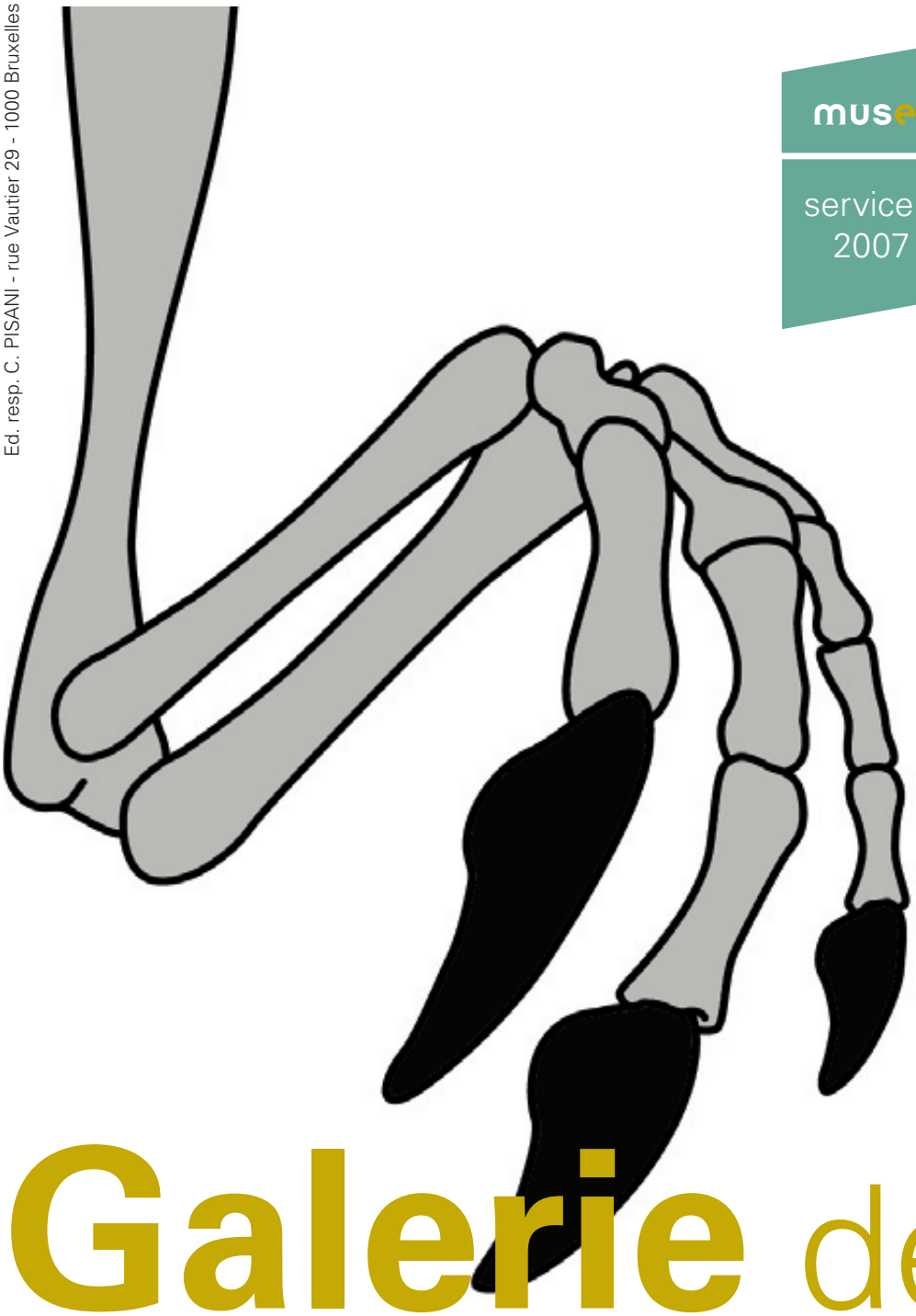
Ed. resp. C. PISANI - rue Vautier 29 - 1000 Bruxelles

museum

service éducatif
2007 - 2008



Galerie des Dinosaures

Dossier didactique

Muséum des Sciences naturelles
Rue Vautier 29 - 1000 Bruxelles
www.sciencesnaturelles.be

Table des matières

Pour une agréable visite
Encadrement
Tarifs
Plan
Parcours

Zone 1. Sous nos pieds

1. Les grandes dates de l'étude des dinosaures..... 6
2. La découverte des iguanodons..... 8
3. Les chantiers de fouilles..... 10
    3.1. Bernissart
    3.2. Bayan Mandahu
    3.3. Kundur
4. La fossilisation..... 13
5. Où trouver des dinosaures ?..... 14

Zone 2. Des animaux vivants

1. La posture.....14
    1.1 Ce que les fossiles nous révèlent
    1.2 Posture et apparence d'*Iguanodon bernissartensis*
2. Les déplacements et les migrations..... 17
    2.1 Ce que révèlent les pistes fossilisées
    2.2 Pôle Nord et Pôle Sud
3. La communication : des crânes parfait pour frimer ? pas seulement..... 18
4. La reproduction..... 19
5. L'attaque et la défense..... 20
6. L'alimentation..... 21

Zone 3. Encore parmi nous ?

1. Les premiers dinosaures..... 21
2. Evoluer et s'envoler..... 24
    2.1 Avec ou sans plumes ?
    2.2 A quoi servent ces plumes ?
    2.3 Le Tyrannosaurus rex : un drôle d'oiseau
3. Evoluer et s'éteindre..... 27
    3.1 Les ornithopodes
    3.2 La grande extinction de la fin du Crétacé
4. Dino, pas dino ?..... 30
    4.1 Dino
    4.2 Pas dino
5. Couloir temporel : tous les dinosaures n'ont pas vécu au même moment, au même endroit..... 31

Et plus encore...

1. Bernissart 1878 : une découverte historique..... 35
2. Fossilisation et fossiles..... 37
3. Où trouve-t-on des dinosaures ?..... 39
4. Comment les dinosaures communiquaient-ils ?..... 40
5. Le Mézozoïque ou l'ère secondaire..... 41
6. Les extinctions massives..... 41

Annexes

Dossier fouilles : les dinosaures ; Science connection n° 6; 2005. Politique scientifique fédérale..... 44

Références

Bibliographie..... 51
Website..... 51

Pour une agréable visite…

Une toute nouvelle Galerie des Dinosaures plus grande et plus complète qu'auparavant, occupe désormais tout le rez-de-chaussée (et une partie du sous-sol) de l'aile Janlet. Ce bâtiment a été entièrement rénové et les parties accessibles au public ont été restaurées à l'authentique autant que possible. L'objectif de l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique était d'associer à cette restauration une muséologie contemporaine, avec ses exigences d'intelligibilité, d'interactivité et de convivialité.

Il s'agit de la plus grande galerie d'Europe consacrée aux dinosaures. Le fil conducteur est celui du questionnement qui découle de l'observation des spécimens, aussi bien des squelettes authentiques que des moulages (pas d'animatronics ou autres dino-robots).

Le contenu s'articule autour de trois axes majeurs :

- Sous nos pieds : comment et où se déroulent les chantiers de fouilles et ce qu'ils nous révèlent du monde des dinosaures…
- Des animaux vivants : comment ils se déplaçaient, se nourrissaient, se défendaient…
- Encore parmi nous ? Comment la plupart ont disparu alors que quelques-uns ont évolué jusqu'à devenir des oiseaux…

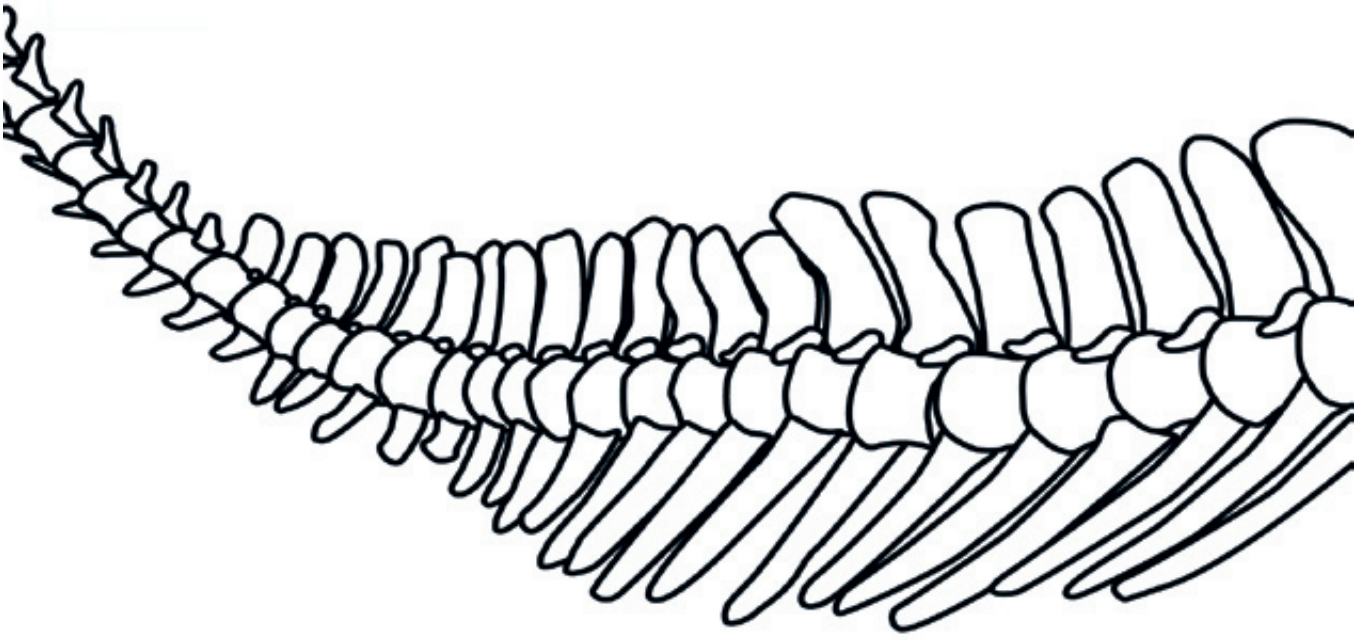
Cette exposition permanente se veut une référence en matière de vulgarisation de la biologie et de l'éthologie des dinosaures et se doit donc d'être la plus pédagogique possible. C'est pourquoi elle fait appel à une large palette de dispositifs d'interprétation : films, maquettes, activités pour tous les âges, bornes multimédias, textes clairs et concis… s'appuyant sur les collections de l'IRScNB.

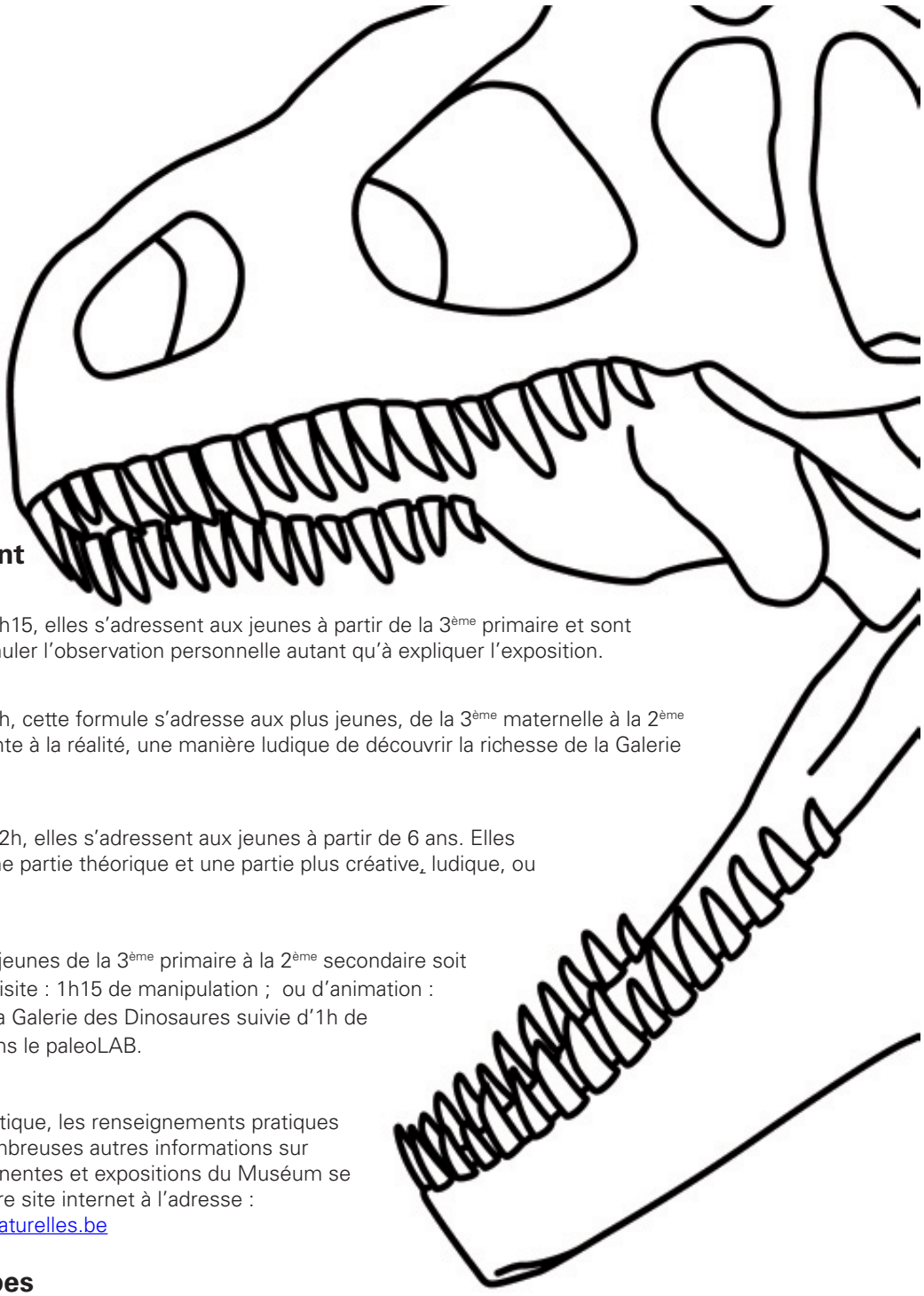
La Galerie des Dinosaures a été conçue pour plaire aussi bien aux enfants, lecteurs et non lecteurs, qu'aux adultes. Chaque visiteur peut, entre autres, prospecter un terrain de fouilles, dégager un fossile, manipuler des répliques grandeur nature d'os de dinosaures, mais aussi visionner les mini interviews de paléontologues réputés, se mesurer à un *Pachycephalosaurus* virtuel, apprendre à lire un cladogramme… et bien sûr, se régaler à la vue des nombreux squelettes de dinosaures.

Une extension de la Galerie des Dinosaures a été consacrée à l'installation d'un outil didactique unique et innovant : le paleoLAB. Basé sur le principe de l'apprentissage par l'expérience concrète, il permet aux enfants de se mettre dans la peau d'un paléontologue.

Le paleoLAB propose une quarantaine d'activités à effectuer individuellement ou en équipe sous la direction d'un animateur du Muséum : déterrer des fossiles authentiques, les étudier et en effectuer des moulages, faire correspondre dents et mâchoires de dinosaures, assembler un squelette de *Stegosaurus* grandeur nature, composer la carte géologique de la Belgique et de ses gisements fossilifères, provoquer une mini tempête de sable et constater les mécanismes de l'érosion… fouiller la bibliothèque ou surfer sur Internet pour trouver la réponse à une « colle ».

Cette approche très concrète de la science, même si elle comprend un aspect très ludique, amène à appréhender des notions comme l'érosion, la datation des fossiles, pourquoi on les cherche « ici » et pas « là », comment on les traite et on les interprète. L'animateur est là pour assister et compléter les découvertes personnelles par ses explications.





Encadrement

Visites guidées
D'une durée d'1h15, elles s'adressent aux jeunes à partir de la 3ème primaire et sont destinées à stimuler l'observation personnelle autant qu'à expliquer l'exposition.

Raconte-nous
D'une durée d'1h, cette formule s'adresse aux plus jeunes, de la 3ème maternelle à la 2ème primaire : du conte à la réalité, une manière ludique de découvrir la richesse de la Galerie des Dinosaures.

Animations
D'une durée de 2h, elles s'adressent aux jeunes à partir de 6 ans. Elles comprennent une partie théorique et une partie plus créative, ludique, ou expérimentale.

PaleoLAB
Il s'adresse aux jeunes de la 3ème primaire à la 2ème secondaire soit sous forme de visite : 1h15 de manipulation ; ou d'animation : 1h de visite de la Galerie des Dinosaures suivie d'1h de manipulation dans le paleoLAB.

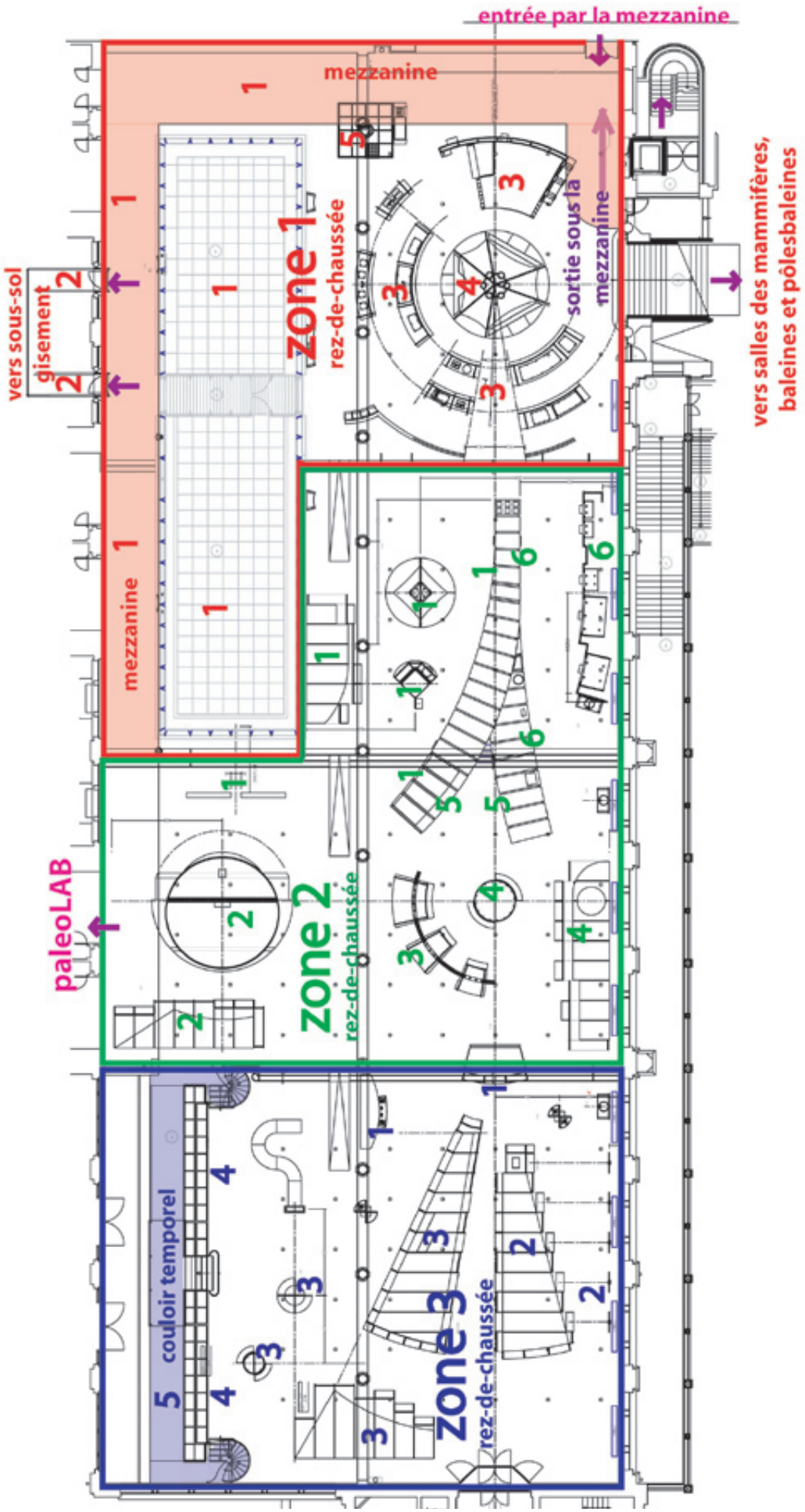
Website
Le dossier didactique, les renseignements pratiques ainsi que de nombreuses autres informations sur les salles permanentes et expositions du Muséum se trouvent sur notre site internet à l'adresse : www.sciencesnaturelles.be

Tarifs groupes

Adulte 6 €
Jeune 3 €
Visites guidées
Jeunes/15 personnes max. 35 €
Adultes/15 personnes max. 62 € en semaine, 75 € le week-end
Animations
3 €/jeune
PaleoLAB
3 €/jeune

Réservation obligatoire pour les groupes

02 627 42 34
Info 24h/24 : 02 627 42 38


entrée par la mezzanine
mezzanine
zone 1
rez-de-chaussée
sortie sous la mezzanine
vers salles des mammifères, baleines et pôles
vers sous-sol
gisement
mezzanine
zone 2
rez-de-chaussée
paleoLAB
couloir temporel
zone 3
rez-de-chaussée

Parcours

L'entrée principale de la Galerie des Dinosaures débouche sur la mezzanine. Vous y bénéficiez d'une vue magnifique sur la salle… le vol d'oiseaux naturalisés vous accueillent et vous invitent à vous diriger vers la cage des iguanodons sur votre droite. Les ascenseurs et escaliers qui permettent d'accéder au rez-de-chaussée et au sous-sol se trouvent sur le premier palier de la mezzanine, le long de la cage.
Que la visite commence !

Zone 1. Sous nos pieds

Cette zone est répartie sur trois niveaux. Au sous-sol, vous est racontée l'histoire de la découverte des iguanodons de Bernissart. Au rez-de-chaussée, vous apprendrez ce qu'est la fossilisation et ce que nos paléontologues ont déduit des fouilles de Bernissart en Belgique, de Bayan Mandahu en Chine et de Kundur en Russie. Sur le mur de la mezzanine et autour de la cage, vous découvrirez quelques anecdotes sur les iguanodons…

1. Les grandes dates de l'étude des dinosaures

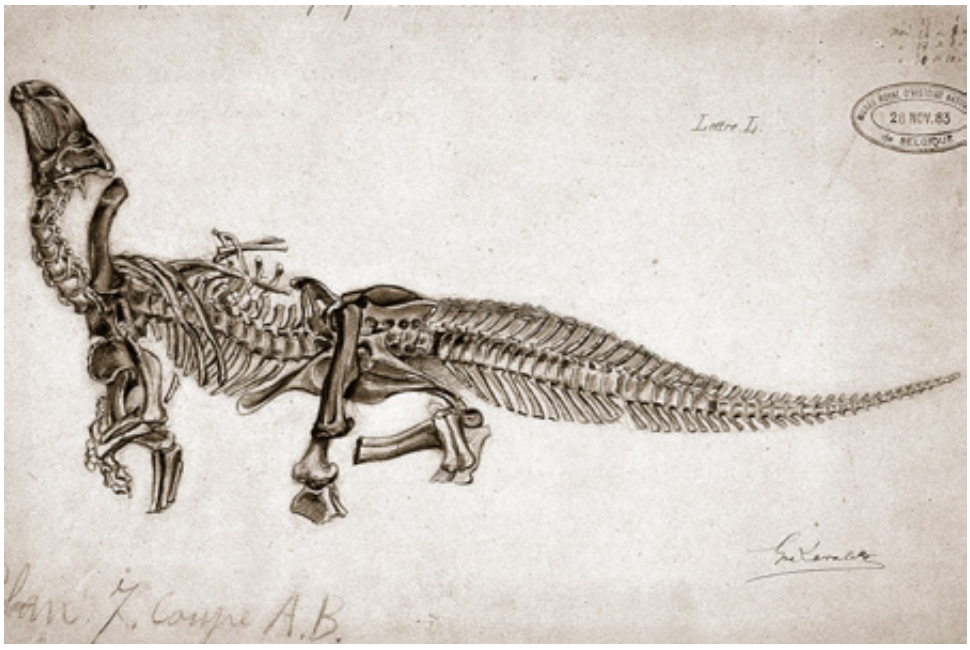
1822 : mâchoire inférieure de *Megalosaurus*, le premier dinosaure nommé (gravure)
1825 : dents d'*Iguanodon*, le deuxième dinosaure nommé (gravure)
1841 : Richard Owen crée le mot « dinosaure » - terrible lézard - (photo d'Owen)
1854 : statues des premiers dinosaures réalistes au Crystal Palace Park, Londres (photo)
1858 : *Hadrosaurus*, le premier dinosaure reconstitué (photo)
1878 : découverte des iguanodons de Bernissart (photo de fossiles + texte)
1880 : dessins de G. Lavalette représentant, en position de gisement, des iguanodons et un crocodile.

La cage des iguanodons de Bernissart

Une toute nouvelle cage, entièrement vitrée et plus spacieuse, accueille neuf iguanodons dans leur position historique, façon kangourou. La disposition de chacun a été choisie en fonction des détails anatomiques les plus remarquables à observer : le crâne le mieux conservé, la colonne vertébrale la plus complète, la cage thoracique la plus détaillée…

Les dessins de Lavalette

Dans les fenêtres qui longent la cage, sont exposées des reproductions de dessins réalisés (notamment) par Gustave Lavalette dans les années 1880. Les dessins représentent, de façon détaillée, plusieurs iguanodons et un crocodile tels qu'ils gisaient dans la mine de Bernissart.



Dessin de G. Lavalette (1883) : *Iguanodon bernissartensis* en position de gisement dans la Fosse Sainte-Barbe

Quatre anecdotes sur les iguanodons et leur cage

1. Cette salle abrite les iguanodons depuis 1902. Mais jusqu'en 1932, ils étaient présentés à l'air libre ! Exposés aux variations de température et d'humidité, ils se désagrégeaient lentement mais sûrement. C'est pourquoi, de 1933 à 1937, tous les spécimens ont été démontés et trempés dans un mélange protecteur d'alcool et de gomme-laque. C'est d'ailleurs à ce traitement qu'ils doivent leur couleur noirâtre et non au fait qu'ils ont été trouvés dans une mine de charbon…

2. En 1940, les squelettes d'iguanodons sont à nouveau démontés : on craint qu'ils ne soient abîmés, voire complètement détruits lors des bombardements. Ils sont donc entreposés dans les caves, dont les ouvertures sont bouchées par des sacs de sable. Mais il y fait tellement humide qu'on les ramène dans la salle avant la fin de la Seconde Guerre mondiale !

3. Le tout premier spécimen monté est un *Iguanodon bernissartensis*. Dès 1883, il est exposé dans la cour intérieure de l'ancien Hôtel de Nassau, dans une cage vitrée censée le protéger des intempéries… Très vite, on lui adjoint une deuxième spécimen, le petit *Iguanodon atherfieldensis*, et divers fossiles d'animaux et de végétaux provenant également de la mine de Bernissart.

4. Les huit spécimens d'*Iguanodon bernissartensis* exposés dans cette cage présentent de grandes variations de taille : cela va de 629 à 730 cm en longueur et de 390 à 506 cm en hauteur ! L'unique spécimen d'*Iguanodon atherfieldensis* est nettement plus petit : il mesure 391 cm de long pour 362 cm de haut.

Le cas d'*Iguanodon atherfieldensis*

Les scientifiques ne sont pas d'accord !
Ce spécimen est bien plus petit que les autres. Serait-ce un *Iguanodon mantelli* parmi des *I. bernissartensis*, comme l'affirment Boulenger et Dollo dès les années 1880 ? Ou un mâle parmi ses femelles, ce que suggère Nopsca en 1929 ? Ou encore un jeune parmi des adultes ? En fait, Norman, qui le réattribue à *I. atherfieldensis* en 1986, est plus nuancé. Pour lui, on ne peut ni infirmer ni confirmer ces hypothèses de façon absolue à partir des seuls squelettes…

Alors, que dire de cet iguanodon ?

Son squelette diffère légèrement de celui d'*Iguanodon bernissartensis*. Mais pour être sûr qu'ils appartiennent bien à des espèces distinctes, il faudrait pouvoir les accoupler (s'ils peuvent se reproduire entre eux et si leurs descendants ne sont pas stériles, ils appartiennent à la même espèce). Évidemment, ce n'est pas faisable avec des animaux morts depuis des millions d'années ! Le mystère reste donc entier…

Iguanodon bernissartensis

Squelettes d'un casoar et d'un kangourou utilisés comme modèles lors du premier montage

Spécimens

• *Iguanodon bernissartensis* : - 128 MA > - 125 MA. Bernissart, Belgique. Bien qu'ils aient été montés et démontés plusieurs fois, les iguanodons sont toujours exposés dans cette position bipède façon kangourou qui leur a été donnée lors de leur tout premier montage.
• *Iguanodon atherfieldensis* : - 128 MA > - 125 MA. Bernissart, Belgique
• Les oiseaux naturalisés en vol

A voir également

• Gravure représentant une demi-mâchoire inférieure de *Megalosaurus*
• Gravure représentant des dents d'*Iguanodon*
• Photographies de Richard Owen, Louis Dollo et George Albert Boulenger
• Photographie des statues d'iguanodons de Crystal Palace Park, Londres
• Photographie du premier squelette d'*Hadrosaurus* monté en position probable de vie
• Dessins de G. Lavalette : fossiles tels qu'ils ont été découverts dans la Fosse Sainte-Barbe (1883)
• Dessins d'*Iguanodon bernissartensis* et d'*Iguanodon atherfieldensis* avec mise en évidence des principales différences anatomiques

2. La découverte des iguanodons

Une découverte fortuite

L'histoire débute fin mars 1878 au charbonnage de Bernissart, dans la Fosse Sainte-Barbe. Des mineurs y creusent une galerie à 322 m de profondeur quand ils rencontrent une poche d'argile. Au lieu de la contourner, ils décident de la traverser… et tombent sur des troncs d'arbres remplis d'or ! Il s'agit en fait d'os d'*Iguanodon* incrustés de pyrite, un minerai aux reflets dorés. Le 12 avril 1878, le Musée royal d'Histoire naturelle de Belgique est averti de la découverte par télégramme…

Trois années de fouilles mouvementées

Le 15 mai 1878, l'équipe de De Pauw commence à 322 m de profondeur. En août, un tremblement de terre les coupe du monde pendant deux heures. Le 22 octobre, c'est une inondation qui les oblige à regagner la surface en abandonnant outils et fossiles ! Par sécurité, les fouilles ne reprennent que six mois plus tard, le 12 mai 1879. Elles s'arrêtent définitivement en 1881, peu après la découverte d'autres iguanodons à 356 m de profondeur.

Blocs de plâtre protégeant des fossiles

Des iguanodons en blocs

À cause de la pyrite dont ils sont remplis, les os s'effritent à l'air libre. De Pauw doit donc trouver un moyen de les protéger jusqu'à ce qu'ils soient débarrassés du fameux minerai en laboratoire : il les fait couvrir de papier mouillé et enduire de plâtre. Mais comme les squelettes ne peuvent pas être plâtrés et transportés entiers, on les partage en blocs de 0,5 à 2 m. Chaque spécimen reçoit une lettre et chaque bloc un chiffre, puis on reproduit leur position exacte sur un plan.

Le Cran des Iguanodons

C'est le nom qu'a reçu la poche d'argile dans laquelle ils gisaient. Plusieurs galeries y ont été creusées à -322 m. À l'entrée de la principale, en bordure de cran, deux iguanodons se présentent verticalement, le crâne vers le bas. Les autres squelettes, plus au centre, sont à peu près à

l'horizontale. Au fur et à mesure qu'ils sont dégagés, ils sont divisés en blocs. Ceux-ci – près de 600 au total ! – sont enduits de plâtre et remontés à la surface dans des wagonnets tirés par des chevaux.

Dans les laboratoires du musée

Il faut 37 transports pour ramener à Bruxelles ces 130 tonnes de fossiles, de plâtre et d'armatures en fer (elles renforcent les plus gros blocs). Là, dans les laboratoires du musée, les iguanodons subissent un sérieux toilettage ! Des techniciens les dégagent des sédiments qui les entourent. Ils les débarrassent de la pyrite qu'ils contiennent. Ils les trempent dans un bain de colle forte bouillante pour les solidifier.
Et ils les couvrent de feuilles d'étain pour les protéger de l'humidité…

Atelier de montage dans la Chapelle Nassau (1882)

Le premier montage d'un iguanodon

En 1882, sous la direction de Louis Dollo, De Pauw commence le montage « en position probable de vie » des spécimens les plus complets. Vu leur taille, il faut une pièce au plafond élevé : ce sera la Chapelle Saint-Georges (désormais intégrée à la Bibliothèque royale). On y construit un échafaudage d'où pendent des cordes : en modifiant leur longueur, on obtient pour chaque os sa position la plus naturelle. Enfin, une fois assemblé, le squelette est pourvu d'une armature en fer.

Spécimens

•Plusieurs spécimens authentiques et plus ou moins complets d'*Iguanodon bernissartensis* en «position de gisement» (c'est-à-dire tels qu'ils ont été découverts dans la mine)

A voir également

• 4 Dioramas en 2D illustrant différentes étapes : de la découverte au premier montage
• Reproduction du télégramme du 12 avril 1878
• Reconstitution des galeries creusées à -322 m (maquette)
• Outils de mineurs (début du 20e siècle)
• Louis De Pauw lors du premier montage d'un iguanodon (animation 2D d'une photo prise en 1882 dans la Chapelle Saint-Georges)

A découvrir

• La découverte des iguanodons (décor sonore dans le couloir)

Détails d'un diorama montrant Louis De Pauw en plein travail de montage du premier iguanodon

3. Les chantiers de fouille

3.1 Bernissart

Au temps des iguanodons

Il n'y avait pas que des dinosaures à Bernissart : des milliers de fossiles d'animaux et de végétaux ont également été mis au jour ! Ce sont autant d'indices sur le type de climat et l'environnement dans lequel vivaient les iguanodons. Mais quels étaient-ils ? Pour le déduire, observez les spécimens exposés dans les vitrines « Les autres trésors de Bernissart »…

Spécimens

Les autres trésors de Bernissart (fossiles originaux)

- *Bernissartia fagesii* (crocodile)
- *Goniopholis simus* (crocodile)
- Phalange du pied d'un théropode
- *Coccolepis macropterus* (poisson)
- *Lepidotes bernissartensis* (poisson)
- *Macromesodon bernissartensis* (poisson)
- *Callopterus insignis* (poisson)
- *Amiopsis dolloi* (poisson)
- *Aethalionopsis robustus* (poisson)
- *Pattersonella formosa* (poisson)
- *Chitracephalus dumonii* (tortue d'eau douce)
- *Peltochelys duchasteli* (tortue d'eau douce)
- *Hylaeobatrachus croyii* (salamandre)
- *Hylaeoneura lignei* (cigale)
- *Weichselia reticulata* (fougère)
- *Pityostrobus bernissartensis* (cône)
- *Pinoxylon* (fragment de bois de conifère)

Fragment de fougère fossilisée

Aethalionopsis robustus

A voir également

- Dessin de *Weichselia reticulata*
- Dessin des poissons de Bernissart
- Dessin de *Hylaeoneura lignei*

A faire

- Bernissart au temps des iguanodons (il faut choisir le bon paysage parmi ceux présentés sur les rouleaux)

Affaire non classée

Comment expliquer que l'on trouve autant d'iguanodons au même endroit ? Dès la fin du 19ème siècle, des scientifiques ont imaginé des scénarios-catastrophes pour répondre à cette question. Mais aujourd'hui, il apparaît que les iguanodons ne sont pas tous morts en même temps : certains squelettes gisaient dans des couches d'argiles bien distinctes, qui se sont déposées à différents moments…

A voir également

- La mort d'*Iguanodon* (bas-relief) : plusieurs scénarios-catastrophes pour tenter d'expliquer pourquoi l'on trouve autant d'iguanodons au même endroit.

A faire

- Livre sonore illustrant les différents scénarios de la mort des iguanodons et expliquant la formation du Cran des Iguanodons (interactif)

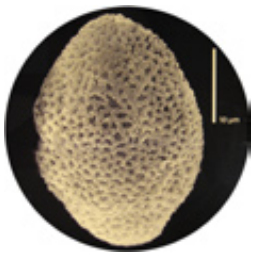
Y-a-t-il encore des iguanodons à Bernissart ?

Les squelettes d'iguanodons ne sont plus accessibles : ils se situent à plus de 300 m de profondeur et les puits qui y mènent sont remblayés et scellés depuis des années ! Mais en 2002 et 2003, le Service de Génie Minier de la Faculté Polytechnique de Mons a entrepris des carottages au niveau du Cran des Iguanodons. Le but était de le délimiter plus clairement et de voir s'il contenait encore des iguanodons. Les résultats ? Une modélisation 3D du site et des carottes au contenu révélateur…

Iguanodon bernissartensis

A voir également
- Deux carottes de sédiments provenant du Cran des Iguanodons. Autrement dit, il y a probablement encore des iguanodons dans ce gisement… mais dans quel état ?

A découvrir
- Le Cran des Iguanodons (modélisation 3D)



Grain de pollen

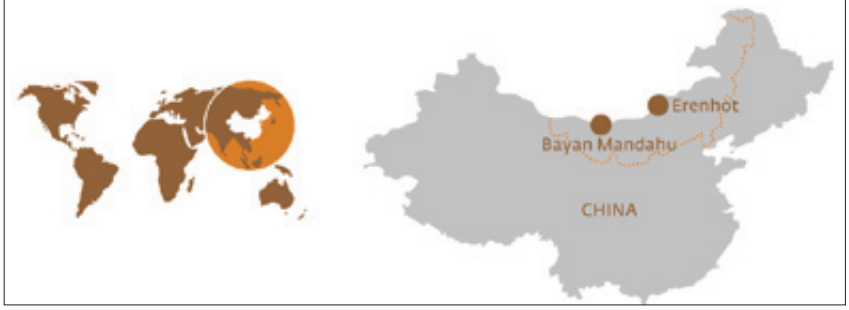
La technologie au service de la paléontologie

Grâce à la tomographie assistée par ordinateur (CT scan), on peut observer le crâne d'un *Iguanodon bernissartensis* sous tous les angles, même de l'intérieur ! Et grâce aux microscopes optique et électronique, on peut étudier le pollen et les spores contenus dans l'argile de Bernissart. Comparés à certains grains de pollen trouvés en Angleterre, ils ont permis d'affiner la datation de ce gisement…

A voir également
- Photos macro de spores de fougères et grains de pollen fossilisés

A découvrir
- Crâne d'*Iguanodon bernissartensis* (Modélisation 3D)

3.2 Bayan Mandahu – Mongolie intérieure, Chine



Histoires de dinosaures

1. Morts en plein combat ! C'est ce qui est arrivé à ces deux dinosaures : *Velociraptor* le carnivore avait enfoncé la longue griffe de sa patte arrière dans le ventre de *Protoceratops* l'herbivore qui lui, tenait dans son bec puissant la patte avant de son agresseur !

2. *Oviraptor* le mal nommé ? On a longtemps cru que ce carnivore s'attaquait aux nichées de *Protoceratops*, d'où son nom : *Oviraptor philoceratops*, « le voleur d'œufs qui aime les cératopsiens ». Mais en 1990, des paléontologues en ont découvert un couché sur un nid : il était probablement mort alors qu'il couvait ses propres œufs…

3. Il y avait déjà des mammifères au temps des dinosaures mais ils étaient petits (moins de 50 cm). D'après leurs dents, on pense que les deux spécimens exposés sur le côté du meuble se nourrissaient de végétaux durs.

Spécimens
- Crâne de *Velociraptor mongoliensis :* - 75 MA > - 70 MA. Shabarakh Usu, Mongolie (moulage)
- Crâne de *Protoceratops hellenikorhinus :* - 75 MA > - 70 MA. Bayan Mandahu (moulage)
- *Oviraptor philoceratops :* juvénile. - 75 MA > - 70 MA. Bayan Mandahu (scultpure)

• 2 crânes de *Multituberculata ind :* mammifère
• *Kryptobaatar mandahuensis :* mammifère. - 75 MA > - 70 MA. Bayan Mandahu (moulages)

Multituberculata et *Kryptobaatar*

Ensevelis par le sable

De nombreux squelettes complets ont été mis au jour à Bayan Mandahu, en Chine. Le sédiment dans lequel ils gisaient, un grès composé de sable très fin, indique qu'à l'époque, le site était proche d'un désert. *Pinacosaurus*, *Oviraptor*, *Zangerlia*… ont probablement été piégés par les tempêtes de sable qui balayaient la région au Crétacé supérieur. À moins qu'ils n'aient été surpris par l'effondrement de dunes instables…

Victimes du sable !

1. *Zangerlia*, la tortue terrestre, a probablement été ensevelie sous une dune : elle a été recouverte de sable si rapidement que sa tête et ses pattes étaient à peine rétractées dans sa carapace !

2. L'ankylosaure *Pinacosaurus* avait la tête et le dos recouverts de plaques osseuses. Elles consituaient une armure efficace contre les prédateurs… mais pas contre la tempête de sable qui l'a englouti !

Zangerlia neimongolensis

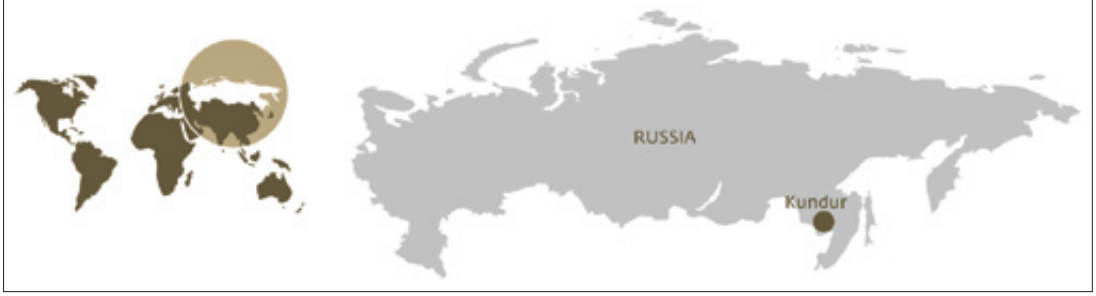
Spécimens
• *Zangerlia neimongolensis :* tortue. - 75 MA > - 70 MA. Bayan Mandahu (moulage)
• *Pinacosaurus mephistocephalus :* ankylosaure. - 75 MA > - 70 MA. Bayan Mandahu (moulage)

A voir également
• La mort de *Pinacosaurus* (bas-relief)

A faire
• Les tempêtes de sable recouvrent ou découvrent les cadavres de façon aléatoire (interactif)

Pinacosaurus mephistocephalus

3.3 Kundur - Russie



Emportés par une coulée de boue

Lors des moussons, des coulées de boue déferlant des montagnes alentour dévastaient fréquemment la région de Kundur, en Russie. Les dinosaures qu'elles emportaient sur leur passage n'y survivaient pas. Là où le courant était moins fort, là où il y avait un obstacle, leurs cadavres s'entassaient, achevaient de se décomposer et s'entremêlaient, formant des mikados géants appelés « bone beds ».

A voir également
• La mort d'*Olorotitan* (bas-relief)
• Reconstitution d'une parcelle du chantier de fouilles de Kundur
• Le bone beds de Kundur (maquette)

A découvrir
• La formation du bone beds de Kundur (film d'animation 3D)
• D'une fouille à l'autre (vidéo des fouilles menées en Chine et en Russie par l'IRSNB)
• Dans les labos de l'Institut (vidéo)

A faire
• Quel est cet os ? Identifier 3 os en les manipulant et en les comparant à différents dessins (interactif). La réponse se trouve dans le tiroir.
• Bac à sable (interactif pour les plus jeunes : dégager un squelette à l'aide de pinceaux)

Détail du chantier de fouilles

Olorotitan

Insecte dans du copal

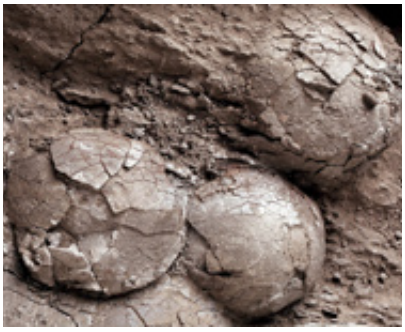
4. La fossilisation

Qu'est-ce qu'un fossile ?

C'est tout reste ou empreinte d'un organisme (animal, végétal…) en général conservé dans une roche sédimentaire comme le grès ou le calcaire. Les plus fréquents sont des os, des dents, des coquillages mais aussi des œufs, des crottes (coprolithes), des plantes, des insectes, des empreintes de pas…

Empreinte de feuille

Spécimens
• Fragment de bois : -89 MA > -65 MA. Montzen, Belgique (original)
• *Dryophyllum dewalque :* empreinte de feuille. -61 MA > -58 MA. Overbroek, Belgique (original)
• Insectes dans du copal. -2 MA. Madagascar (originaux)
• *Smerdis macrurus :* poisson. -35 MA > -30 MA. Provence, France (original)
• *Probactrosaurus :* vertèbre caudale de dinosaure. -130 MA > -120 MA. Dashuiguo, Mongolie-Intérieure, Chine (original)
• Œufs de dinosaure : -75 MA > -70 MA. Bayan Mandahu (original)
• Chiroptera ind : chauve-souris. -47 MA. Messel, Allemagne (original)
• Gastéropodes : -183 MA > -180 MA. Dudelange, Grand-Duché du Luxembourg (originaux)



Œufs fossilisés

A découvrir
• Pouce d'*Iguanodon bernissartensis* avec une boule de pyrite (commentaire)
• Interview d'Armand de Ricqlès sur le processus de la fossilisation (film)

A faire
• Du dinosaure au trésor (borne informatique : jeu)

5. Où trouver des dinosaures ?

Découvertes fortuites de nouveaux sites

Souvent, les nouveaux sites à dinosaures sont découverts par hasard ! À Bernissart, les mineurs extrayaient du charbon quand ils sont tombés sur les iguanodons. À Kundur, c'est en élargissant une route que les bulldozers ont dégagé les premiers ossements d'*Olorotitan*. À Aix-en-Provence, ce sont des nids de dinosaures qui sont mis au jour régulièrement lors de travaux de terrassement…

A voir également
• Carte des principales zones à dinosaures

Carte des principales zones à dinosaures

A découvrir
• Où se cachent les fossiles ? Damier de la prospection : pour repérer des fossiles sur le terrain, il faut de bons yeux… et de l'intuition (interactif)

A faire
• Où trouver du dino (borne informatique)

Zone 2. Des animaux vivants

À partir de l'étude des ossements de dinosaures, on peut déduire de nombreux éléments sur la façon dont vivaient ces grands animaux.

1. La posture

1.1 Ce que les fossiles nous révèlent

Diplodocus carnegii

Même si le spécimen exposé ici est plutôt petit (17 m « seulement »), *Diplodocus* était l'un des plus grands dinosaures : il pouvait mesurer jusqu'à 27 m de long (dont la moitié rien que pour la queue) ! Comme chez d'autres sauropodes, les vertèbres du cou et du dos comportaient de grandes cavités – les pleurocèles – qui les allégeaient mais ne les fragilisaient pas.

Vertèbre dorsale de sauropode géant

Chez les sauropodes, les vertèbres du cou et du tronc étaient parcourues par un réseau de poches d'air interconnectées formant des sortes de tubes flexibles. Ce système allégeait considérablement le poids du cou, tout en assurant sa stabilité.
Chez les sauropodes, de fines lames osseuses parcouraient la surface des vertèbres du cou et du tronc. Longues et plates, elles garantissaient la solidité des vertèbres et servaient de points d'ancrage à de puissants muscles et ligaments.

Une allure de Golden Gate…

Les sauropodes comme *Diplodocus* avaient une structure en pont suspendu. Les pattes surmontées des épaules à l'avant et des hanches à l'arrière faisaient office de piliers. Les gros ligaments qui longeaient le dessus de la colonne vertébrale constituaient le câble porteur. Le cou et la queue, de par leur longueur, tiraient sur les ligaments du dos. Ainsi tendus, ces derniers contribuaient à soutenir le poids de la cage thoracique.

Diplodocus carnegii

Comment estimer la masse des dinosaures ?

Des scientifiques ont constaté que la masse des vertébrés terrestres (souris, homme, cheval…) est proportionnelle à la circonférence des os de leurs pattes, à savoir les fémurs pour les bipèdes et les fémurs et humérus pour les quadrupèdes. Ils ont effectué de nombreux relevés sur des espèces actuelles et ont ainsi pu établir des équations. Ils les utilisent aujourd'hui pour estimer la masse d'animaux disparus comme les dinosaures.

Struthiomimus

Bipèdes ou quadrupèdes ?

La position du 4ème trochanter donne des indications sur la posture des dinosaures. Cette protubérance, présente sur leur fémur, est le point d'attache d'un muscle qui tire la patte vers l'arrière. Chez les bipèdes légers comme *Struthiomimus*, il est placé haut : il ne faut qu'une contraction légère pour obtenir un mouvement ample. Chez les quadrupèdes massifs comme *Diplodocus*, il est plus bas : le muscle est capable de tirer une patte plus lourde mais le mouvement est plus petit.

Struthiomimus altus

Struthiomimus était un théropode omnivore : avec son bec sans dents, il mangeait de petits animaux, des insectes et des végétaux. Corps élancé, pattes arrière longues et musclées, cou allongé, petite tête et grands yeux : il ressemblait aux actuels ratites (autruche, émeu…) et comme eux, était un excellent coureur, atteignant facilement les 60 km/h !

Ils auraient pu peser plus !

On le sait, la circonférence des pattes d'un animal terrestre dépend de son poids. Autrement dit, un éléphant a des pattes proportionnellement plus larges qu'une souris. Les scientifiques ont estimé qu'à 140 tonnes environ, les pattes deviennent si larges qu'elles se touchent, empêchant l'animal de se mouvoir ! Mais même les plus grands sauropodes connus ne pesaient pas plus de 100 tonnes. Ils avaient donc encore de la marge…

Spécimens

- Jeune *Diplodocus carnegii* (dinosaure quadrupède, moulage)
- Vertèbre dorsale d'un sauropode géant (dinosaure, moulage)
- *Struthiomimus altus* (dinosaure bipède, moulage)
- Autruche naturalisée (à côté de *Struthiomimus*, littéralement « qui mime l'autruche »)
- Patte avant droite d'un sauropode géant (scultpture-moulage)

A faire
• Construisez un « diplo-pont »… (ce dispositif porte sur la structure en pont suspendu de *Diplodocus*)
• Qui est le plus lourd ? (à l'aide d'un mètre ruban et d'un tableau de conversion, il faut estimer la masse de 3 bipèdes à partir de leurs fémurs)
• Une question de position (ce dispositif permet de comparer l'effet de la position du 4ème trochanter sur les mouvements de pattes arrière)
• Toise (pour comparer sa taille à celle de différents dinosaures)
• Petits, grands ou géants ? (électro pour les petits)

1.2 Posture et apparence d'*Iguanodon bernissartensis*

Iguanodon bernissartensis

Main d'*Iguanodon bernissartensis*

Iguanodon bernissartensis : posture mixte

Contrairement aux premières reconstitutions qui le montrent en position bipède et s'appuyant sur sa queue tel un kangourou, *Iguanodon bernissartensis* marchait probablement à quatre pattes et courait sur deux. Particulièrement bien conservés, les spécimens extraits de la mine de Bernissart forment la plus importante collection d'iguanodons au monde !

En 1882, *Iguanodon* est monté en position bipède

Louis Dollo, qui supervise ce tout premier montage, est convaincu qu'*Iguanodon bernissartensis* était bipède. Ses arguments ? Les pattes avant et arrière ne sont pas si différentes chez les quadrupèdes. La colonne vertébrale est celle d'un bipède. Les hanches, les pattes arrière et les proportions de la tête et du thorax rappellent celles des oiseaux coureurs (autruche, casoar…). Et enfin, une piste fossilisée découverte en Angleterre suggère qu'*Iguanodon* se déplaçait sur ses pattes arrière.

En 1980, la posture d'*Iguanodon* est réétudiée

Près d'un siècle après Louis Dollo, le paléontologue David B. Norman reprend l'étude d'*Iguanodon bernissartensis*. Mais il arrive à d'autres conclusions : la colonne vertébrale était maintenue plus ou moins à l'horizontale lorsque le dinosaure marchait ou courait. En d'autres termes, la position bipède façon « kangourou » n'est plus d'actualité. Pourtant, les squelettes originaux montés dans cette position le resteront : ils sont trop fragiles pour être remontés autrement.

À quoi ressemblaient les iguanodons ?

Vers 1835, Gideon Mantell imagine *Iguanodon* tel un iguane géant muni d'une corne nasale. Dès 1854, Benjamin Waterhouse Hawkins en propose une version « rhinocéros » au Crystal Palace Park (Londres). En 1882, débute la reconstitution des Iguanodons de Bernissart en position bipède, façon « kangourou », avec le pouce à sa place ! En 1980, David Norman représente *Iguanodon* à nouveau à quatre pattes…

La peau d'*Iguanodon*

Grâce à des empreintes découvertes à Bernissart, on en connaît le relief. Par contre, on ne sait rien de sa coloration, ni de celle des autres dinosaures : la fossilisation a altéré les couleurs d'origine des rares peaux retrouvées !

Spécimens
• Main d'*Iguanodon bernissartensis* : dinosaure (original)
• *Iguanodon bernissartensis* : dinosaure à posture mixte, ici en position quadrupède (moulage)
• Squelette de casoar

A voir également
• 4 dessins différents de mains d'Iguanodon.

A découvrir
• *Iguanodon* : une main qui en dit long (commentaire audio)
• Interview filmée de David B. Norman sur la posture d'*Iguanodon bernissartensis*
• Film d'animation sur la posture d'Iguanodon projeté sur la cage de verre
• Petit film d'animation 3D sur les déplacements d'*Iguanodon bernissartensis* (projeté sur le petit côté de la cage)

A faire
• Comparer les empreintes de peaux de dinosaure, de crocodile et de serpent à toucher (moulages)
• Dessine ton dinosaure (borne interactive)

Iguanodon bernissartensis en position quadrupède
Casoar

2. Les déplacements et les migrations

2.1 Ce que révèlent les pistes fossilisées

Comment calculer la vitesse d'un dinosaure

Il existe une formule pour estimer la vitesse de déplacement des animaux, dinosaures compris. Les données nécessaires ? La hauteur à la hanche ou la taille du pied (on peut calculer l'une à partir de l'autre) et la distance entre deux empreintes successives d'un même pied, distance que l'on peut mesurer sur une piste fossilisée. On sait ainsi que *Struthiomimus* marchait au pas. On est donc loin des pointes à 60 km/h que pouvait atteindre ce sprinter…

Les dinosaures, pas à pas…

Associer une empreinte de pas à un dinosaure précis n'est pas facile, à moins d'en retrouver le squelette au bout de la piste ! Par contre, on peut la relier à un groupe ou une famille de dinosaures : plutôt circulaire et grande (jusqu'à 1 m de diamètre !), elle est l'œuvre d'un sauropode ; tridactyle (à trois doigts), elle peut correspondre à un ornithopode (les doigts sont courts et arrondis) ou à un théropode (ils sont longs et pointus au niveau des griffes)…

Spécimens
• Piste fossilisée avec traces de plusieurs dinosaures et oiseaux (moulage)
• Piste fossilisée avec traces de *Struthiomimus* (moulage)

A voir également
• Pistes miniatures de différents dinosaures

A découvrir
• Ce que révèlent les pistes fossilisées… (commentaire audio et éclairage simultané de la grande piste)

Traces de théropode fossilisées

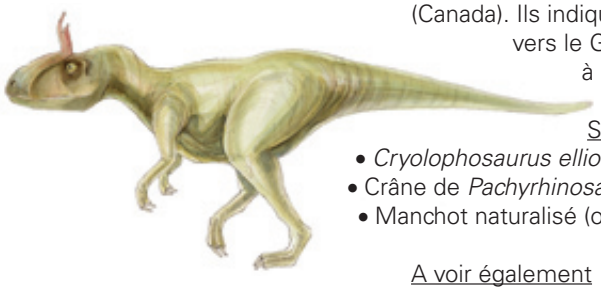
2.2 Pôle Nord et Pôle Sud

Cryolophosaurus ellioti

Littéralement « lézard gelé à crête », ce théropode a été trouvé en Antarctique, non loin du Pôle Sud ! Il était entouré de restes d'autres animaux dont un platéosaure (dinosaure primitif) et un tritylodonte (lointain cousin des mammifères). Ceux-ci avaient déjà été découverts dans des terrains du Jurassique inférieur, ce qui a permis de le dater.

Les dinosaures du Pôle Nord

À la fin du Crétacé, des dinosaures vivaient au niveau du cercle polaire arctique. Parmi eux, le théropode *Troodon*, l'hadrosaure *Edmontosaurus* et le cératopsien *Pachyrhinosaurus*. De ce dernier, de nombreux restes osseux, dont plusieurs crânes, ont été mis au jour lors de fouilles menées en Alaska (USA) et dans l'Alberta et le Yukon



Cryolophosaurus ellioti

(Canada). Ils indiqueraient que cet herbivore vivait en troupeaux, migrant vers le Grand Nord à la belle saison et redescendant vers le Sud à l'approche de l'hiver.

Spécimens
- *Cryolophosaurus ellioti* (dinosaure, moulage)
- Crâne de *Pachyrhinosaurus canadensis* (dinosaure, moulage)
- Manchot naturalisé (oiseau polaire)

A voir également
- Carte « Sur la piste de *Pachyrhinosaurus* »

A découvrir
- Interview filmée Phil Currie sur les dinosaures polaires

3. La communication : des crânes parfaits pour frimer ? Pas seulement…

La crête de *Parasaurolophus*

Elle est creuse mais fermée à l'extrémité : elle ne servait donc pas à respirer sous l'eau, comme on l'a longtemps cru. Par contre, elle amplifiait les cris. Ainsi, même sur de grandes distances, *Parasaurolophus* pouvait signaler un danger, être reconnu par les siens, se mesurer à un rival ou attirer une femelle. Et visuellement, plus la crête était longue, plus elle était impressionnante et plus elle renforçait l'effet des cris !

Parasaurolophus

Centrosaurus

La collerette de *Centrosaurus*

En plus d'une solide corne nasale, *Centrosaurus* avait le crâne surmonté d'une collerette. Celle-ci présentait deux pointes repliées vers le bas, ainsi que deux trous qui allégeaient sa structure sans trop diminuer son efficacité en tant que protection de la nuque. Comme les plaques dorsales des stégosaures, elle était recouverte d'une peau qui pouvait peut-être rougeoyer par afflux sanguin, ce qui impressionnait les partenaires sexuels, intimidait les rivaux et effrayait les prédateurs.

Le casque de *Pachycephalosaurus*

Littéralement « lézard à tête épaisse », ce dinosaure porte bien son nom : le sommet de son crâne fait 20 à 25 cm d'épaisseur ! Les paléontologues pensent qu'il se servait de ce casque osseux comme d'un bélier, notamment lors de combats entre mâles rivaux, à la saison des amours. Mais avec suffisamment d'élan, il parvenait sans doute aussi à briser les côtes des prédateurs qui l'auraient pris au piège…

Spécimens
- Crâne de *Parasaurolophus walkeri* : dinosaure (moulage)
- Crâne de *Centrosaurus apertus* : dinosaure (moulage)
- Crâne de *Pachycephalosaurus wyomingensis* : dinosaure (moulage)

A découvrir
- Comme un trombone ! De la gorge aux narines, le son passait par un système de « tubes » connectés entre eux et qui, comme dans un trombone, faisaient office de caisse de résonance, l'amplifiant fortement. La hauteur du son dépendait de la longueur de la crête du *Parasaurolophus* (audio)

A faire
- Face à *Pachycephalosaurus*. Ce dinosaure se servait de sa tête comme d'un bélier (ce dispositif permet de se mesurer à un *Pachycephalosaurus* virtuel)

4. La reproduction

Des noms rien que pour eux

Actuellement, on dénombre plus de 40 types d'œufs de dinosaures. Mais qui pondait quoi ? Pour le déterminer, l'idéal est qu'ils contiennent des restes osseux comparables à ceux d'adultes ou qu'ils aient été trouvés sous un parent mort en les couvant ! Dans les deux cas, c'est très rare. Par contre, on peut facilement les classer selon la taille, la forme générale, la structure de la coquille… Voilà pourquoi ils portent des noms qui leur sont propres et non ceux de dinosaures.

Maiasaura peeblesorum

Maiasaura peeblesorum

En grec ancien, *maia* signifie la mère, la nourrice. On pense en effet que cet hadrosaure s'occupait de ses petits. En tout cas, il nichait en vastes colonies sur des sites fréquentés de génération en génération. C'est aussi l'un des rares dinosaures dont on connaisse les différents stades de croissance, de l'embryon à l'adulte.

Petit *Maiasaura* deviendra grand

Comme les troncs d'arbres, les os de dinosaures ont des anneaux de croissance qui permettent d'estimer l'âge des spécimens et la vitesse à laquelle ils grandissaient. Ainsi, *Maiasaura* passait de 30 cm à la naissance à près de 4 m en seulement 1 ou 2 ans ! Et il atteignait la taille adulte, environ 9 m, entre 6 et 8 ans. Grandir vite lui offrait une bonne protection contre les prédateurs : ils s'en prennent plus facilement à un jeune sans défense qu'à un adulte bien portant.

Œufs de dinosaures

Oui mais…

Maiasaura n'était peut-être pas une si bonne mère que ça : on n'a pas encore trouvé d'ossements de bébés et d'adultes ensemble ! Il est donc possible que les tout jeunes hadrosaures vivaient entre eux avant de rejoindre le reste du groupe à 1 ou 2 ans, lorsqu'ils étaient suffisamment grands pour suivre les adultes dans leurs déplacements.

Comment distinguer les mâles des femelles ?

Chez *Protoceratops*, mâles et femelles se différenciaient progressivement au cours de leur croissance. D'après les paléontologues, les individus qui avaient les bosses nasales les plus développées et la collerette la plus évasée étaient probablement des mâles adultes. Pendant la saison des amours, celles-ci devaient leur servir à intimider les rivaux et à attirer les femelles…

Spécimens

- *Megaloolithus* : œufs fossilisés peut-être de titanosaure (moulages)
- Œufs de dinosaure indéterminé de Mongolie (originaux)
- *Elongatoolithus* : œufs fossilisés peut-être d'*Oviraptor* (originaux)
- Œufs de deux dinosaures indéterminés de Chine (originaux)
- Canards naturalisés (à comparer à *Maiasaura* pour la forme du bec et les soins aux petits)
- *Maiasaura peeblesorum* : adulte, juvénile, 2 bébés et œufs (dinosaures, moulages)
- Série de 4 fémurs de *Maiasaura peeblesorum* illustrant la croissance (dinosaure, moulages)
- 4 crânes de *Protoceratops hellenikorhinus* (dinosaures, 3 originaux et 1 moulage)

A voir également

- Nid de *Maiasaura* avec œufs et bébés

A découvrir

- Interview filmée de Jack Horner sur la découverte de bébés *Maiasaura*

A faire

- Qui pond quoi ? (électro pour les petits)
- Œufs de dinosaures à observer à l'aide d'une loupe coulissante

5. L'attaque et la défense

Arme et armure d'*Ankylosaurus*

Terminée par une lourde massue osseuse, la queue d'*Ankylosaurus* pouvait facilement briser les os de prédateurs trop entreprenants… Quant à son dos, il était recouvert, du museau à la queue, d'une armure constituée de nodules, d'épines et de plaques osseuses serties dans la peau. Cette panoplie en faisait un des dinosaures les mieux protégés et compensait en partie sa lenteur et son manque d'agilité.

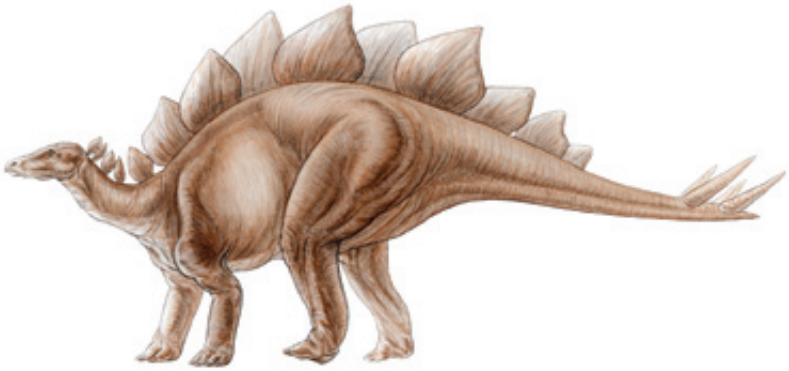
Ankylosaurus

Stegosaurus stenops

Du vivant de *Stegosaurus*, des vaisseaux sanguins se logeaient dans les fins sillons qui parcourent cette plaque.

Quand le rouge lui monte aux plaques…

Avec ses piques osseuses, la queue de *Stegosaurus* était une arme défensive efficace. Les plaques dorsales, par contre, avaient surtout un rôle dissuasif. Fortement vascularisées (certaines portent les traces de nombreux vaisseaux sanguins), elles n'étaient probablement recouvertes que d'une fine couche de peau et pouvaient donc rougeoyer par afflux sanguin. Ce rouge soudain devait effrayer les prédateurs… mais aussi intimider les rivaux, attirer les femelles et aider à se reconnaître entre pairs !



Stegosaurus stenops

Allosaurus, LE prédateur du Jurassique

Mesurant près de 12 m de long, *Allosaurus* était l'un des plus grands prédateurs de la fin du Jurassique en Amérique du Nord. Il avait, à chacun des trois doigts de la main, une griffe acérée de 15 cm de long. Et ses puissantes mâchoires étaient garnies d'environ 70 dents recourbées vers l'arrière et dentelées comme des couteaux à steak. Ses proies ? Des herbivores comme *Diplodocus*, qu'il attaquait peut-être en meute, ou *Stegosaurus*, plus à sa taille…

Le fouet de *Diplodocus*

Diplodocus avait une queue très allongée et particulièrement flexible sur les derniers mètres. Quand il l'agitait, son extrémité devait atteindre des vitesses supersoniques, claquant dans l'air tel un fouet. Elle était trop fragile pour blesser des prédateurs mais les claquements qu'elle produisait suffisaient probablement à les tenir à distance. Ils servaient peut-être aussi, au sein du troupeau, de signe de reconnaissance, de signal d'alarme…

« Griffe terrible », le bien nommé

En Amérique du Nord, *Deinonychus* (du grec ancien *deinos*, terrible et *onuchos*, la griffe) semait la terreur au Crétacé inférieur. Ses armes ? À chaque pied, au deuxième orteil, une griffe géante de 12 cm de long ! Tranchantes et recourbées comme des faucilles, ces deux griffes étaient relevées quand il se déplaçait. Mais elles pouvaient s'abaisser brusquement quand il bondissait sur une proie.

La griffe de *Deinonychus*

Spécimens

- Queue et crâne d'*Ankylosaurus magniventris* : dinosaure herbivore (moulage et sculpture)
- *Stegosaurus stenops* : dinosaure herbivore (moulage)
- Crâne d'*Allosaurus fragilis* : dinosaure carnivore (moulage)

A voir également
• Dessin anatomique d'une plaque dorsale de *Stegosaurus*
• Griffe de *Deinonychus* modélisée illustrant le mouvement de la griffe

6. L'alimentation

Quand les dinosaures avaient des dents !

Sitôt tombées, sitôt remplacées ! En effet, chez les dinosaures, les dents usées ou perdues étaient rapidement remplacées par des nouvelles ! D'autre part, ils n'avaient en général qu'un type de dents, dont seule la taille variait. Celles de *T. rex*, acérées et recourbées vers l'arrière, maintenaient la proie dans la gueule et la taillaient en morceaux ; celles de *Diplodocus*, longues et disposées en peigne, effeuillaient les branches ; celles de *Chasmosaurus*, petites et coupantes, broyaient les végétaux qu'il sectionnait de son bec…

Spécimens
• Crâne d'*Iguanodon bernissartensis* : dinosaure herbivore (moulage)
• Crâne de *Chasmosaurus belli* : dinosaure herbivore (moulage)
• Crâne de *Diplodocus carnegii* : dinosaure herbivore (moulage)
• Crâne de *Camarasaurus lentus* : dinosaure herbivore (moulage)
• Crâne de *Tyrannosaurus rex* : dinosaure carnivore (moulage)

A découvrir
• Qui mange quoi ? (électro pour les petits)
• Quand les dinosaures avaient des dents ! Tronçons de machoîres des 5 crânes présentés à manipuler et observer de près (dans les tiroirs)

Camarasaurus lentus

Tyrannosaurus rex

Camarasaurus

Un cou de girafe ?

Pas du tout ! Au repos, la plupart des sauropodes maintenaient leur cou à l'horizontale. Comment ? Soit il était soutenu par des côtes cervicales allongées (il était alors long mais peu flexible) ; soit il était surmonté de gros ligaments et de puissants muscles (il était alors plus court mais aussi plus souple). C'est peut-être cette diversité de forme qui a permis à *Diplodocus*, *Camarasaurus*, *Apatosaurus*… de vivre ensemble sans se battre pour la nourriture : chacun mangeait à sa hauteur !

Des pierres dans l'estomac ?

Certains animaux avalent des pierres, appelées « gastrolithes », qui facilitent la digestion en broyant les aliments dans l'estomac. Des paléontologues croient en avoir découverts notamment chez des sauropodes. Le problème ? Les gastrolithes ressemblent à n'importe quelles pierres. Et comme les tissus mous (dont l'estomac) ne se fossilisent pas ou rarement, il est difficile d'affirmer que les pierres trouvées près de ces dinosaures étaient bien des gastrolithes et non de banals cailloux !

Des crottes de dinosaures

Les coprolithes (du grec ancien *kopros*, excrément et *lithos*, pierre) sont des excréments fossilisés. De formes irrégulières, ils sont très difficiles à repérer, d'autant qu'ils sont rares, très rares : les crottes sont souvent détruites bien

avant de se fossiliser !
Ils contiennent parfois des fragments de plantes ou d'os partiellement digérés. Cela permet de dire s'ils proviennent d'un herbivore ou d'un carnivore mais difficile de préciser s'il s'agissait bien d'un dinosaure…

A faire
• Qui a le cou le plus souple ? Forme des vertèbres, longueur des côtes, répartition des muscles et des ligaments : les cous de *Camarasaurus* et *Apatosaurus* sont fort différents (ce dispositif permet de tester la flexibilité de cous de sauropodes)
• Les gastrolithes, mode d'emploi : sous l'action des mouvements de l'estomac, les pierres avalées broient les aliments et facilitent ainsi la digestion. Grâce aux petits cailloux que je picore, je digère plus facilement insectes, vers de terre et graines. Qui suis-je ? (ce dispositif permet de comprendre comment ces pierres broient les aliments). Pour comprendre comment, tournez la manivelle et observez…
• Qui a fait cette crotte ? (électro pour les petits)

Stegosaurus stenops
Stegosaurus se nourrissait de végétaux, comme des fougères et des jeunes pousses. Il doit son nom – étymologiquement « lézard à toit » – aux plaques osseuses qui étaient ancrées dans sa peau, le long de la colonne vertébrale. Fragiles, elles pouvaient difficilement servir d'armes défensives, contrairement aux quatre piques osseuses de la queue…

Une armée de bactéries dans l'estomac
Stegosaurus était herbivore. Son bec édenté à l'avant et ses petites dents simples à l'arrière coupaient les végétaux mais ne les broyaient pas. Il fallait donc une armée de bactéries dans son estomac pour les décomposer. D'après certains paléontologues, l'excès de chaleur qui en résultait était évacué par le sang : il affluait dans les plaques dorsales où il était rafraîchi par l'air avant de redescendre dans l'organisme.

Spécimens
• *Pinus heeri* : cônes de pin fossilisés (originaux)
• *Pinus andraei* : cônes de pin fossilisés (originaux)
• *Matonidium goepperti var. minor* : fragments de fougère fossilisés (originaux)
• *Lacopteris dunkeri* : fragments de fougère fossilisés (originaux)
• Feuille d'angiosperme fossilisée (original)
• *Scaphognathus crassirostris* : crâne de ptérosaure (moulage)
• *Vinctifer comptoni* : poisson fossilisé (original)
• *Hangginia chowi* : demi-mâchoire de mammifère fossilisé (original)
• Jeune *Diplodocus carnegii* dinosaure herbivore (moulage)
• Gastrolithes
• Poule naturalisée (elle avale aussi des petits cailloux)
• *Stegosaurus stenops* : dinosaure herbivore (moulage)
• Coprolithes probablement de carnivores et provenant de Bernissart (originaux)

Poisson fossilisé

A voir également
• Carte de l'ouest des USA (Montana, Wyoming, Utah, Colorado, Oklahoma soit 5 états au pied des Rocheuses et traversés par la Morrison)

A découvrir
• Comment évacuer l'excès de chaleur dû à la digestion ? *Stegosaurus* aurait trouvé la solution… Approchez votre main de ses plaques dorsales et observez ce qui se passe ! Un système de refroidissement (ce dispositif porte sur le possible rôle thermorégulateur des plaques dorsales des stégosaures)

Zone 3. Encore parmi nous ?

Cette troisième zone présente l'évolution des dinosaures, depuis leur apparition à la fin du Trias jusqu'à aujourd'hui…

1. Les premiers dinosaures

Une véritable explosion évolutive

Les premiers dinosaures apparaissent au Trias supérieur, il y a 230 millions d'années. Très vite, on distingue les ornithischiens ou « dinosaures à bassin d'oiseau » et les saurischiens ou « dinosaures à bassin de lézard ». Ils se diversifient si rapidement que les principaux groupes (théropodes, prosauropodes, thyréophores…) sont déjà représentés dès le début du Jurassique… mais par des dinosaures encore assez primitifs !

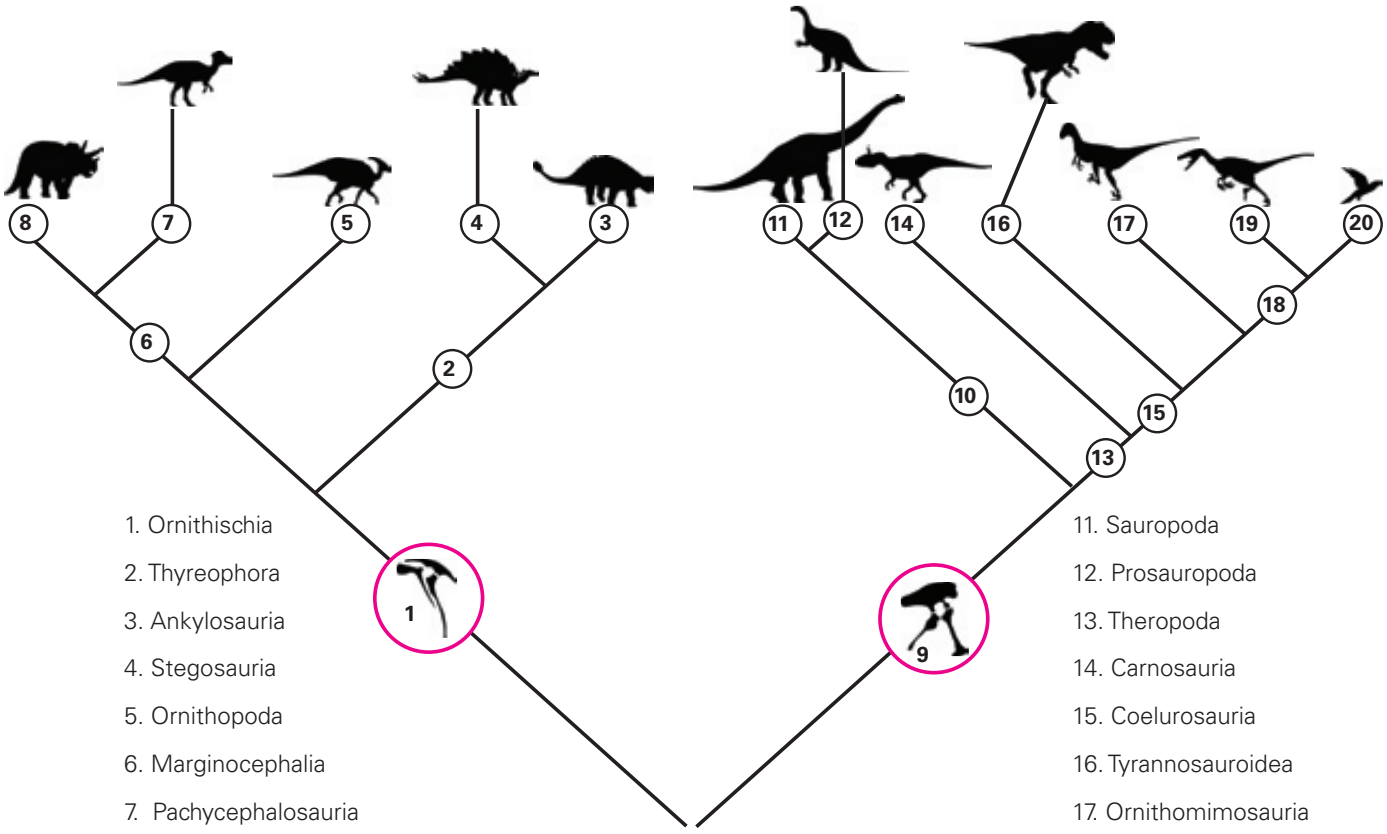
Deux des plus vieux saurischiens

Le premier, *Eoraptor*, le « voleur de l'aurore », vivait il y a près de 230 millions d'années. Le second, *Coelophysis*, est plus évolué et déjà considéré comme un théropode.Tous deux sont petits, agiles… et carnivores. On a même soupçonné *Coelophysis* de cannibalisme ! On aurait trouvé des restes osseux de jeunes au niveau de l'estomac de deux adultes. En fait, dans un cas, les ossements appartenaient à un petit crocodile primitif et dans l'autre, le jeune se trouvait sous l'adulte et non dedans.

Deux herbivores fort différents

Lesothosaurus, un des plus vieux ornithischiens, est bipède et mesure moins de 1 m. Il a une longue queue, des pattes arrière élancées, des pattes avant assez courtes, un bec corné et de petites dents en forme de feuille d'ortie. Le saurischien *Plateosaurus* est plutôt quadrupède (il pouvait probablement se redresser sur ses puissantes pattes arrière). Et avec ses 7 m de long, c'est un des plus grands dinosaures du Trias. C'est aussi et surtout l'un des tout premiers « longs cous ».

20 fiches sur les branches les plus importantes du cladogramme



1. Ornithischia
2. Thyreophora
3. Ankylosauria
4. Stegosauria
5. Ornithopoda
6. Marginocephalia
7. Pachycephalosauria
8. Ceratopsia
9. Saurischia
10. Sauropodomorpha
11. Sauropoda
12. Prosauropoda
13. Theropoda
14. Carnosauria
15. Coelurosauria
16. Tyrannosauroidea
17. Ornithomimosauria
18. Eumaniraptora
19. Dromaeosauridae
20. Aves

Spécimens
- *Eoraptor lunensis*. -225 MA > -220 MA. Parque Provincial Ischigualasto, Argentine (moulage)
- *Coelophysis bauri*. -220 MA > -204 MA. Ghost Ranch, New Mexico, USA (moulage)
- Crâne de *Lesothosaurus diagnosticus*. -200 MA > -196 MA. Masitise, Lesotho (moulage)
- Crâne de *Plateosaurus engelhardti*. -210 MA > -203 MA. Trossingen, Allemagne (moulage)

A voir également
- Le cladogramme des dinosaures et ses principales branches (structure en métal)

A découvrir
- Cla-di-stique ! (borne expliquant ce qu'est la cladistique – à gauche de la zone)
- Cla-do-grammes (borne qui permet de comprendre comment se lisent des cladogrammes - à droite de la zone)

2. Évoluer et s'envoler

2.1 Avec ou sans plumes ?

Le premier dinosaure à plumes
Les oiseaux descendent de théropodes. L'une des preuves de leur parenté est la présence de plumes plus ou moins évoluées sur le corps de ces dinosaures. Depuis 1996, le site chinois de Sihetun en livre des fossiles d'une telle qualité que sur certains, on distingue encore les traces d'un plumage. Celui de *Sinosauropteryx* est le plus primitif : il s'agit d'un duvet formé de simples filaments creux. Il ne lui permettait pas de voler mais bien de conserver sa chaleur corporelle.

Le *T. rex*, avec ou sans plumes ?
Tyrannosaurus rex, l'effroyable prédateur de la fin du Crétacé, ressemblait-il à un gros poulet ? C'est possible ! Le corps de *Dilong*, un petit tyrannosaure primitif de Sihetun, était recouvert de plumes à peine ramifiées. Cependant, *T. rex*, qui était plus évolué que *Dilong*, aurait pu perdre ces plumes au cours de son évolution… ou de sa croissance : sa grande taille était peut-être suffisante pour maintenir une certaine chaleur corporelle.

Caudipteryx le magnifique
Représentant primitif des oviraptosaures, *Caudipteryx* est un des théropodes à plumes les mieux connus de Sihetun. De la taille d'une dinde, il avait de longues pattes arrière, parfaites pour la course, et un bec muni seulement de quelques dents à l'avant (des gastrolithes devaient assurer l'essentiel de sa digestion). De longues plumes symétriques ornaient ses bras très courts et formaient un éventail à l'arrière de la queue : il était paré pour la saison des amours… mais pas pour le vol !

Velociraptor, presqu'un oiseau ?
Le droméosaure *Velociraptor* était anatomiquement proche des oiseaux : pubis vers l'arrière, os longs creux, clavicules fusionnées, omoplate longue et fine, avant-bras allongé, poignet permettant de replier la main le long de l'avant-bras, trois longs doigts à chaque main et quatre~~s~~ orteils à chaque pied, dont un en retrait. Mais avait-il des plumes ? Ses fossiles n'en portent pas les traces mais *Microraptor*, un petit droméosaure de Sihetun, en était couvert !

Archaeopteryx, le premier oiseau
Datant du Jurassique supérieur, *Archaeopteryx* est le plus ancien oiseau connu. Comme les droméosaures, il a des dents pointues, trois doigts griffus et une queue longue et rigide. Comme les oiseaux actuels, son corps est entièrement couvert de plumes et celles de ses ailes sont asymétriques (et donc parfaitement adaptées à un vol actif). En outre, il peut aussi s'agripper aux branches grâce à son premier orteil dirigé vers l'arrière.

Sinosauropteryx

Caudipteryx

Velociraptor

D'où vient le vol ?

De théropodes qui couraient en battant l'air de leurs bras emplumés et auraient fini par décoller ? Pas sûr ! Les plumes de *Microraptor*, un petit droméosaure de Sihetun, étaient similaires aux pennes des oiseaux modernes. Mais lui en avait sur les quatre pattes et la queue ! Trop longues, celles des pattes arrière l'empêchaient de courir et donc de décoller du sol. Il devait plutôt grimper aux arbres, à l'aide de ses pieds et mains griffus, et planer de branche en branche.

Spécimens

- *Sinosauropteryx prima* : -130 MA > -125 MA. Sihetun, Liaoning, Chine / China (moulage)
- *Caudipteryx zoui* : -130 MA > -125 MA. Sihetun, Liaoning, Chine / China (sculpture)
- *Velociraptor mongoliensis.* - 75 MA > - 70 MA. Bayn Dzak, Mongolie (moulage réalisé à partir de plusieurs spécimens)
- *Archaeopteryx lithographica :* -155 MA > -150 MA. Solnhofen, Allemagne (moulage réalisé à partir de plusieurs spécimens)

A voir également

- Des théropodes aux oiseaux (dessin)

Aves

Archaeopteryx

Microraptor

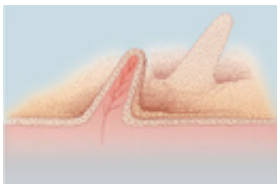
2.2 À quoi servent ces plumes ?

Les plumes servent à voler, isoler, séduire, intimider… Les pennes qui permettent le vol, les plumes de contour qui couvrent le corps et le duvet qui garde la chaleur en sont les principales sortes. Produites par la peau, elles sont faites de kératine comme les écailles, les poils, les ongles… Elles sont composées d'un axe central (le rachis) creux à la base (le calamus) et encadré de deux vexilles (des rangées de barbes munies de barbules lisses et à crochets).

L'évolution des plumes

Stade 1

D'après les scientifiques, au cours de leur croissance, les plumes modernes passent par les mêmes stades que ceux qu'ont connus toutes les plumes au cours de leur évolution, depuis leur apparition chez des théropodes comme *Sinosauropteryx* jusqu'à aujourd'hui. Ils supposent qu'à chaque nouveau stade correspond une innovation. Au cours du premier stade, sous l'épiderme, naît une papille dermique, qui s'allonge en un simple tube creux, le germe.



Papille dermique

Barbes et calamus

Duvet (agrandissem-

Stade 2

Au deuxième stade, un anneau de cellules se forme à la base du tube et se creuse peu à peu : c'est le follicule. L'intérieur du follicule produit des barbes simples tandis que l'extérieur se transforme en calamus d'où elles sortent. À ce stade, les plumes constituent une sorte de duvet primitif qui conserve la chaleur corporelle et protège du froid.

Stade 3

Au début du troisième stade, soit les barbes commencent à fabriquer des barbules, ce qui donne des plumes duveteuses, soit elles constituent un rachis au fur et mesure qu'elles se forment, ce qui donne des plumes planes avec des barbes simples. À la fin du troisième stade, les plumes sont planes et munies de barbes ramifiées en barbules lisses.

Plume duveteuse

Plume à barbes simples

Plume à barbes ramifiées

Plume asymétrique

Stades 4 et 5

Au quatrième stade, se développent des barbules à crochets qui s'attachent aux barbules lisses des barbes voisines. Cela a pour effet de resserrer les barbes, ce qui rend les vexilles étanches et résistants et les pennes aérodynamiques. Mais ce n'est qu'au cinquième stade, quand les pennes des ailes (les rémiges) et de la queue (les rectrices) deviennent asymétriques, qu'elles permettent le vol actif.

Spécimens
- *Tyrannosaurus rex*
- *Velociraptor mongoliensis*
- *Microraptor gui*
- *Trichoglossus haematodus*

A voir également
- Les différents stades d'évolution des plumes (dessins)

A faire
- A quoi servent ces plumes ? (électro pour les petits)

2.3 Le *Tyranosaurus rex* : un drôle d'oiseau

Tyrannosaurus rex

T. rex, le « lézard tyran roi », est un des plus grands carnivores terrestres de tous les temps ! Pouvant atteindre 15 m de long, il avait des bras ridiculement petits mais des mâchoires extrêmement puissantes et garnies de dents coupantes comme des couteaux à steak. Celui-ci, baptisé Stan, a été mis au jour en 1992. Il mesure un peu plus de 12 m.

Mâle ou femelle ?
En analysant les coupes osseuses d'un *T. rex* découvert au Montana, des chercheurs y ont repéré une structure propre aux oiseaux femelles, « l'os médullaire ». Il s'agit d'une fine couche de tissu osseux fortement vascularisée et présente dans leurs os longs, mais uniquement de l'ovulation à la ponte : c'est elle qui fournit le calcium nécessaire à la formation de la coquille des œufs. Il ne s'agissait donc pas d'un *Tyrannosaurus rex* mais bien d'une *Tyrannosaura regina* prête à pondre…

Stan, le miraculé
Le squelette de Stan le *T. rex* porte les traces de nombreuses blessures : côtes cassées et ressoudées, vertèbres cervicales fusionnées ou immobilisées par un surplus d'os… Et puis, il y a ce trou à l'arrière de son crâne : il correspond parfaitement à une dent de *T. rex* ! En fait, la plupart de ces blessures ont pu être infligées par d'autres tyrannosaures (vivaient-ils en groupe ? se disputaient-ils les mêmes proies ?) mais il y a survécu : elles étaient guéries ou en voie de guérison.

Oui, mais…
Qu'il soit charognard ou prédateur, *T. rex* était carnivore. La preuve ? Il avait la goutte ! Cette maladie, dont souffrent également les humains, est souvent due à une nourriture trop riche en viande rouge. Elle provoque des inflammations au niveau des articulations des membres et parfois même, des lésions osseuses comme chez les tyrannosaures !

Il est tout à fait possible que les plus gros dinosaures, comme les sauropodes mais aussi les *T. rex* adultes, aient pu maintenir leur température corporelle interne plus ou moins constante uniquement grâce à leur grande taille. En effet, plus un animal est gros, moins vite il se refroidit : c'est ce que l'on appelle la gigantothermie.

Spécimens
- *Sinosauropteryx prima* : dinosaure à plumes (moulage)
- *Tyrannosaurus rex* : dinosaure peut-être à plumes (moulage)
- *Caudipteryx zoui* : dinosaure à plumes (sculpture)
- *Velociraptor mongoliensis* : dinosaure à plumes (moulage)
- *Archaeopteryx lithographica* : oiseau primitif (moulage réalisé à partir de plusieurs spécimens)
- Corneille naturalisée (à comparer avec *T. rex* pour son côté « charognard occasionnel »)

A voir également
- Série de dessins illustrant l'évolution des plumes
- Des théropodes aux oiseaux : dessin montrant l'évolution des théropodes aux oiseaux

A découvrir
- À quoi servent ces plumes (électro pour les petits)
- Interview filmée d'Armand de Ricqlès sur la croissance du *T. rex* à partir de sa structure osseuse
- Interview filmée de Jack Horner sur le comportement prédateur du *T. rex* (chasseur ou charognard ?)

3. Évoluer et s'éteindre

3.1 Les ornithopodes

Ces dinosaures forment l'une des branches les plus diversifiées des ornithischiens : on en connaît plus de 100 espèces, datant du Jurassique moyen au Crétacé supérieur. Mais tous sont des herbivores dépourvus d'armure. Ils ont l'avant du museau abaissé. Et l'articulation de la mâchoire inférieure avec le crâne se fait sous le niveau des dents de la mâchoire supérieure.

Allongement de l'avant du pubis

Les Euornithopoda partagent un certain nombre de caractères évolués au niveau du bassin, comme l'allongement de l'avant du pubis. Ils ont vécu du Jurassique moyen au Crétacé supérieur. *Hypsilophodon*, un Euornithopoda primitif, a certainement côtoyé des iguanodons : comme eux, il a été mis au jour en Angleterre et en Espagne, dans des terrains datant du Crétacé inférieur. Sa rapidité et son agilité étaient sans doute ses meilleures armes pour échapper aux prédateurs…

Bec corné sur la mâchoire supérieure

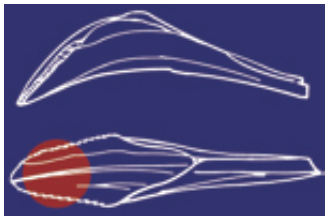
Les Iguanodontia n'ont plus de dents à l'avant de la mâchoire supérieure mais une sorte de bec corné. *Zalmoxes*, un Iguanodontia primitif, ne mesurait que 3 m de long mais était extrêmement robuste. Apparemment, à la fin du Crétacé, la Transylvanie où il vivait était une île. Cela pourrait expliquer sa petite taille : elle est mieux adaptée à un territoire réduit, où les ressources alimentaires sont limitées !

Adaptation de la main à un pouce en éperon

Les Ankylopollexia ont le crâne particulièrement allongé à l'avant des orbites. Et leurs mains sont adaptées à la présence d'un pouce en éperon (comme celui d'*Iguanodon*). *Lurdusaurus* est un Ankylopollexia relativement primitif. Il vivait au Niger au Crétacé inférieur. Il devait avoir une allure pataude avec son corps lourd et massif, son cou plutôt long, ses puissantes pattes avant et ses courtes pattes arrière…

Orteils terminés par un petit sabot

Iguanodon et ses successeurs, les Hadrosauriformes, sont tous des ornithopodes de grande taille. Chacun de leurs orteils est terminé par un petit sabot et non par une griffe. Ils ont un diastème – une zone édentée – entre le « bec » et la première rangée de dents. Celles-ci sont plus simples et plus étroites sur la mâchoire supérieure que sur la mâchoire inférieure.



Structure simplifiée des dents de la mâchoire inférieure

Vivant en Chine au Crétacé inférieur, *Probactrosaurus* est un des représentants les plus primitifs des hadrosaures (Hadrosauroidea). Il a toujours le pouce en éperon, comme les iguanodons. Mais les dents de sa mâchoire inférieure, de structure simplifiée, commencent à s'organiser en batteries dentaires comme chez les hadrosaures plus évolués : bien serrées, les rangées de dents s'emboîtent les unes dans les autres. Les os de l'avant-bras et de la main deviennent également plus graciles.

Bactrosaurus

Les hadrosaures sont particulièrement nombreux et diversifiés en Asie dès le milieu du Crétacé. Découvert en Chine dans des terrains datant du Crétacé supérieur, *Bactrosaurus* en est un des plus primitifs et des mieux connus. Il se distingue de *Probactrosaurus* par des détails anatomiques qui le rapprochent un peu plus des hadrosaures évolués : les batteries dentaires sont plus compactes, les os de la main sont beaucoup plus légers et apparemment, le pouce a disparu.

Anatotitan

Les Hadrosauridae doivent leur surnom de « dinosaures à bec de canard » à leur long museau aplati. Ils se divisent en deux groupes : les Lambeosaurinae comme *Amurosaurus* et les Hadrosaurinae comme *Anatotitan*. Ces derniers ont une crête pleine ou pas de crête du tout. Et leurs larges narines étaient probablement entourées d'une membrane de peau qui amplifiait leurs cris en se gonflant à la manière d'une cornemuse. La particularité d'*Anatotitan* ? Son nombre de dents : il en a près de 1000 !

Amurosaurus et *Olorotitan*

Les Lambeosaurinae sont des Hadrosauridae à crête creuse. Cette crête, dont la forme varie d'une espèce à l'autre, constituait un excellent signal de reconnaissance visuel et acoustique. Celle *d'Amurosaurus* était en demi-lune alors que celle d'*Olorotitan* était très étirée vers l'arrière. Fort répandus en Asie du Nord-Est à la fin du Crétacé, les Lambeosaurinae vivaient probablement en troupeaux, non loin des points d'eau où la végétation était la plus abondante.

Olorotitan arharensis

C'est l'un des tout derniers dinosaures ayant vécu en Asie avant la grande extinction du Crétacé supérieur. Il a été découvert en 2001 non loin de l'Amour, le fleuve-frontière entre la Russie et la Chine. Comme *Parasaurolophus*, *Olorotitan* est un lambéosauriné, un hadrosaure dont la crête creuse amplifiait les cris.

Oui, mais…

On trouve parfois des dents et des fragments d'os de dinosaures (autres que les oiseaux !) dans des terrains du début du Tertiaire : certains auraient-ils survécu à l'extinction de la fin du Crétacé ? En fait, ces fossiles, qui datent probablement d'avant l'extinction, se sont retrouvés dans des terrains plus récents à cause de l'érosion !

Des crêtes aux rôles multiples…

Qu'elles soient creuses (chez les Lambeosaurinae) ou pleines (chez les Hadrosaurinae), les crêtes des hadrosaures avaient des formes très différentes d'une espèce à l'autre. Elles pouvaient donc servir à se reconnaître entre pairs, à attirer des partenaires sexuels ou à intimider des rivaux. Mais en plus, les crêtes creuses faisaient caisse de résonance quand les hadrosaures poussaient leurs cris. Cela leur permettait de communiquer sur de très longues distances…

Iguanodon bernissartensis

Des iguanodons migrateurs ?

Les iguanodons étaient très largement répandus en Europe au Crétacé inférieur. Mais à cette époque, les continents de l'hémisphère nord n'étaient pas encore tout à fait séparés. Des troupeaux d'iguanodons pouvaient donc migrer à travers la Laurasie : on en a trouvé les traces en Amérique du Nord et en Mongolie ! Ceux qui se sont installés en Asie ont connu une importante phase de diversification à la fin du Crétacé inférieur : c'est ainsi que sont apparus les premiers hadrosaures…

Spécimens

- *Hypsilophodon foxii :* -130 MA > -120 MA. Île de Wight, Royaume-Uni (moulage réalisé à partir de plusieurs spécimens)
- *Zalmoxes shqiperorum.* -70 Ma > -68 MA. Nalat Vad, Transylvanie, Roumanie (moulage)
- *Lurdusaurus arenatus.* -120 MA > -112 MA. Gadoufaoua, Niger (moulage)
- *Iguanodon bernissartensis : pied.* -128 MA > -125 MA. Bernissart, Belgique (moulage)
- *Probactrosaurus gobiensis* : -130 MA > -120 MA. Dashuiguo, Mongolie-Intérieure, Chine (originaux)
- *Bactrosaurus johnsoni :* -70 MA > -68 MA. Erenhot, Mongolie-Intérieure, Chine (moulage)
- *Anatotitan copei:* -68 MA > -65 MA. Hell Creek Formation, USA (moulage)
- *Amurosaurus riabinini :* -68 MA > -65 MA. Blagoveschensk, Russie (moulage)
- *Olorotitan arharensis :* -68 MA > -65 MA. Kundur, Russie (moulage)

A voir également

- Evolution des ornithopodes (dessins)
- Interview de Pascal Godefroit sur les dinosaures d'Asie (vidéo)

A faire

- À chacun sa crête ! Trouvez la bonne crête. Aidez-vous des fiches descriptives pour le faire…

3.2 La grande extinction de la fin du Crétacé

Il y a environ 65 millions d'années, à la limite entre le Crétacé et l'ère tertiaire, près de deux tiers des espèces végétales et animales de la planète se sont éteintes. Parmi les victimes, on compte les dinosaures – oiseaux exceptés –, les ptérosaures, les mosasaures, les ammonites et plus des trois quarts du plancton ! L'impact d'une météorite au large du Mexique pourrait être à l'origine de cette extinction massive…

Triceratops horridus

Triceratops signifie « face à trois cornes ». C'est l'un des rares cératopsiens dont la large collerette, à l'arrière du crâne, ne soit pas allégée par des ouvertures. La longueur des cornes et la forme de la collerette varient tellement d'un individu à l'autre que certains crânes ont été attribués – à tort – à différentes espèces !

La météorite du Mont-Dieu

Elle a été découverte, morcelée, dans le nord de la France, près de la forêt du Mont-Dieu. Le plus grand fragment, celui-ci, atteint 435 kg mais complète, la météorite ferait plus de 800 kg. On est loin des 10-12 km de diamètre de celle de Chicxulub mais c'est quand même l'une des plus grosses météorites d'Europe ! Sa composition ? Un alliage de fer et de nickel avec des inclusions de sulfures et de silicates. Son origine ? Probablement le cœur d'un astéroïde situé entre Mars et Jupiter…

Les autres théories

À la même époque, l'Inde a connu une intense activité volcanique : le plateau du Deccan a été recouvert d'une couche de 2 km de lave sur près de 500 000 km^2, soit presque la superfie de la France ! Les gaz, les cendres et l'acide sulfurique émis par les volcans auraient eu un effet désastreux sur la végétation et ceux qui s'en nourrissaient…

La preuve par l'iridium

Un peu partout sur la planète, des géologues ont repéré de fortes concentrations d'iridium dans la fine couche de sédiments qui marque la limite entre le Crétacé et le tertiaire. Si ce métal est rare sur terre, il abonde dans les météorites… En fait, il aurait été libéré dans l'atmosphère lorsqu'une météorite géante s'est écrasée au large du Mexique il y a environ 65 millions d'années. Dispersé par le vent sur de très grandes distances, il s'est ensuite déposé sur toute la surface de la Terre.

Péninsule du Yucatan

Le cratère de Chicxulub

Ce cratère, situé dans la péninsule du Yucatán au Mexique, s'est formé lors de la chute d'une météorite géante à la fin du Crétacé. L'impact a engendré ou déformé nombre de roches et de minéraux. À l'intérieur du cratère, il s'agit surtout de suévite, un mélange de fragments solides et fondus de la roche d'origine. À l'extérieur, on retrouve plutôt des roches vitrifiées par la chaleur et des quartz « choqués » (les stries résultent de l'onde de choc et de l'énorme pression).

Les survivants

C'étaient, semble-t-il, des animaux dont la survie ne dépendait pas directement des plantes ou du plancton – devenus temporairement des denrées rares – mais plutôt de matières en décomposition. Il s'agissait notamment d'insectes, de vertébrés d'eau douce (poissons, amphibiens, tortues, crocodiles…), de petits reptiles terrestres (lézards, serpents…) mais aussi de petits mammifères insectivores ou granivores qui ont rapidement pris la place des dinosaures.

Larve d'insecte

Reptiles

Spécimens
• *Triceratops horridus* : Moulage réalisé à partir de plusieurs spécimens. Hell Creek Formation, Montana, USA
• *Anura ind.*: amphibien. spécimen indéterminé . -47 MA. Messel, Allemagne (original)
• *Erquelinnesia gosseleti :* tortue. -57 MA. Erquelinnes, Belgique (original)
• Serpent proche des boas : -47 MA. Messel, Allemagne (original)
• *Leptictidium* sp.: mammifère : -47 MA. Messel, Allemagne (original)
• Fragment de météorite du Mont-Dieu
• Crâne d'un mosasaure (original)

Mosasaure

A voir également
• Photos macro de grains de pollen et spores fossilisés datant de la fin du Crétacé
• Graphique des variations du taux d'iridium à la limite entre le Crétacé et l'ère tertiaire
• Photos macro de suévite, de roches vitrifiées et de quartz choqués
• Interview de Philippe Claeys sur la météorite tombée à la fin du Crétacé (vidéo)

4. Dino, pas dino ?

4.1 Dino

La lignée des dinosaures

Comme nous, les dinosaures sont des tétrapodes (des vertébrés terrestres) amniotes (l'embryon se développe dans une poche remplie de liquide amniotique). Parmi les amniotes, on retrouve des synapsides (« reptiles mammaliens » et mammifères) et des diapsides qui se distinguent par le nombre et la position des ouvertures crâniennes temporales. Les diapsides regroupent les lépidosauromorphes (serpents, lézards…) et les archosaures (ptérosaures, crocodiles et dinosaures).

Ce qui caractérise les dinosaures

Comme tous les archosaures, ils ont une ouverture crânienne à l'avant de chaque orbite et des dents qui ne sont pas soudées aux mâchoires mais logées dans des cavités. Par contre, les dinosaures ont les pattes bien verticales sous le corps (elles sont plutôt latérales chez les autres archosaures). Cette posture érigée améliore grandement leur locomotion. Mais surtout, elle permet le développement d'animaux bipèdes, comme *Velociraptor*, ou de grande taille, comme *Diplodocus*.

Sept caractéristiques d'un dinosaure

Quelques caractéristiques d'un dinosaure (mise en évidence de ces caractéristiques sur un dinosaure-type). Réduction ou disparition des 4ème et 5ème doigts, épaule articulée vers l'arrière, plus de trois vertèbres sacrées, ouverture au centre du bassin, crête à l'avant du tibia, astragale étiré vers le haut et 3ème métatarsien.

Spécimens
• Sculpture d'un dinosaure-type (mégalosaure)

A voir également
• Cladogramme des archosaures

4.2 Pas dino

Ceux-ci ne sont pas des dinosaures

1. Les ptérosaures comme *Pteranodon longiceps* ont vécu en même temps que les dinosaures et en sont de proches parents : ce sont aussi des archosaures. Mais ils présentent de nombreuses différences, notamment au niveau du bassin et des chevilles.

Pteranodon longiceps

2. Proches parents des dinosaures, les crocodiles comme ce « *Crocodylus depressifrons* » de Leval sont aussi des archosaures. Mais leur posture est érigée quand ils courent et semi-érigée quand ils marchent (les pattes se plient vers l'extérieur).

3. Le « reptile mammalien » *Dimetrodon* n'a qu'une seule paire d'ouvertures temporales, contrairement aux dinosaures qui en ont deux. C'est donc un synapside. En plus, il a vécu bien avant les

Dimetrodon

dinosaures, il y a un peu moins de 300 millions d'années.
4. Les mosasaures, comme ce *Plioplatecarpus houzeaui* de Spiennes, ont vécu en même temps que les dinosaures, au Crétacé supérieur, mais ce ne sont pas des archosaures pour autant. En fait, ces lézards marins sont des lépidosauromorphes proches des varans.

5. Les champsosaures, comme ce *Champsosaurus lemoinei* d'Erquelinnes, sont difficiles à classer mais ce ne sont pas des archosaures. Ils étaient contemporains des dinosaures mais ils ont survécu jusqu'au cours du Tertiaire.

6. Également apparues au Trias Supérieur, les tortues comme cette *Allopleuron hofmanni* sont dépourvues d'ouvertures crâniennes temporales. Certains les classent comme des amniotes primitifs mais d'autres les considèrent comme des diapsides spécialisés.

Spécimens
- *Pteranodon longiceps* : ptérosaure (moulage)
- *Crocodylus depressifrons* : crocodile fossilisé (original)
- *Dimetrodon* : « reptile mammalien » (moulage)
- *Plioplatecarpus houzeaui* : mosasaure fossilisé (original)
- *Champsosaurus lemoinei* : champsosaure fossilisé (original)
- *Allopleuron hofmanni* : tortue fossilisée (original)

5. Couloir temporel : tous les dinosaures n'ont pas vécu au même moment au même endroit…

De bons fossiles dateurs

Contemporaines des dinosaures, les ammonites étaient des céphalopodes marins comme les pieuvres. Mais elles étaient protégées par une coquille souvent enroulée en spirale. Les différentes espèces occupaient de vastes territoires et se succédaient rapidement. C'est d'ailleurs ce qui en fait de bons fossiles dateurs. En effet, si deux couches géologiques géographiquement éloignées contiennent la même espèce d'ammonites, on peut affirmer qu'elles datent de la même époque !

Ammonite

Spécimens
- Ammonites : fossiles dateurs (originaux)

A faire
- Fossiles dateurs (en partant de trois ammonites correctement placées, il faut remettre chaque ammonite dans sa couche)

La Terre des dinosaures

Depuis l'apparition des dinosaures au cours du Trias, la Terre a bien changé. À l'époque, les continents forment un bloc unique, la Pangée, baigné par un océan unique, la Panthalassa. Au début du Jurassique, la Pangée se scinde en deux : la Laurasie (Amérique du Nord, Europe et Asie) au Nord et le Gondwana (Amérique du Sud, Afrique, Australie, Inde et Antarctique) au Sud. La dislocation se poursuit au Crétacé et depuis, les continents ne cessent de dériver…

A voir également
- 4 cartes illustrant la tectonique des plaques du Trias supérieur au Crétacé supérieur
- 15 « petits théâtres » représentant les principaux sites dont proviennent les dinosaures exposés dans la salle
- Ligne du temps de la Terre avec illustration de quelques événements importants (sur la mezzanine)

La Terre au Trias

Lorsque les premiers dinosaures sont apparus au milieu du Trias, il n'y avait qu'un seul supercontinent, la Pangée. Il s'étendait du pôle Nord au pôle Sud et était entouré d'un seul superocéan, la Panthalassa. Le climat y était très aride, sauf dans les régions polaires balayées par des moussons. Les conifères étaient les arbres les plus diversifiés et les plus abondants à cette période : ils résistaient mieux à la sécheresse que les autres végétaux de l'époque.

Les vertébrés de la fin du Trias

Mastodonsaurus sp

Les reptiles mammaliens et les amphibiens primitifs du début du Trias ont peu à peu été remplacés par de nouveaux groupes d'animaux au cours du Trias supérieur. Parmi ces vertébrés plus modernes, on retrouve des cousins des crocodiles dans les rivières, des ptérosaures dans les airs, de petits mammifères et les dinosaures sur terre. Rapides, agiles et bien adaptés au climat aride, ces derniers dominent rapidement les continents dès la fin du Trias.

Spécimens
- Crâne de *Mastodonsaurus* sp. : amphibien primitif du Trias (moulage)
- *Meurthodon gallicus* : micro-fossile (original)
- *Tricuspes sigogneauae* : micro-fossile (original)
- *Lepagia gaumensis* : micro-fossile (original)
- *Gaumia longiradicata* : micro-fossile (original)
- Phytosauria ind. : micro-fossile (original)
- *Eudimorphodon* sp. : micro-fossile (original)
- *Woutersia mirabilis :* micro-fossile (original)
- Prosauropoda ind. : micro-fossile (original)
- Sauropoda ind. : micro-fossile (original)
- Ornithischia ind. : micro-fossile (original)

A découvrir
- 2 Wentzscopes permettent d'observer les micro-fossiles de la fin du Trias

La Terre au Jurassique

Au cours du Jurassique, la Pangée commence à se disloquer en plusieurs blocs. Cela se répercute sur le climat qui devient plus humide à l'approche des pôles. D'immenses forêts de conifères se développent, offrant refuge à de nombreux petits animaux. Dans les plaines plus sèches du Jurassique supérieur, la végétation est beaucoup plus clairsemée, d'autant que les hordes de sauropodes géants qui les parcourent dévorent et écrasent tout sur leur passage !

Les ptérosaures

Le ciel du Jurassique appartient aux ptérosaures. Apparus à la fin du Trias, ces cousins des dinosaures se diversifient au début du Jurassique. Ils sont alors petits et munis d'une longue queue et vivent le long des côtes et des lacs. Une seconde vague de ptérosaures, les ptérodactyloïdes à queue courte, se développe dès le Jurassique supérieur. Au Crétacé, les plus grands atteignent une envergure de 12 m et peuvent s'aventurer loin à l'intérieur des terres.

L'Europe immergée

Au Jurassique, la plus grande partie de l'Europe est recouverte par une mer chaude et peu profonde peuplée de coraux, bélemnites, ammonites, poissons… Les crocodiles et les plésiosaures, grands prédateurs des mers jurassiques, ne manquent pas de proies ! Quant aux ichthyosaures, avec leur corps fuselé, leurs pattes en forme de pagaies et leur queue transformée en nageoire, ils sont incontestablement les reptiles les mieux adaptés au milieu marin.

Compsognathus

Spécimens
- *Compsognathus longipes* : dinosaure européen du Jurassique supérieur (moulage)
- *Archaeopteryx lithographica* : oiseau primitif européen du Jurassique supérieur (moulage)
- *Idiochelys fitzingeri* : tortue européenne du Jurassique supérieur (moulage)
- *Crocodileimus robustus* : crocodile européen du Jurassique supérieur (moulage)
- *Alligatorellus beaumonti* : crocodile européen du Jurassique supérieur (moulage)
- *Sapheosaurus thiollierei* : «lézard» aquatique européen du Jurassique supérieur (moulage)
- *Homeosaurus pulchellus* : «lézard» aquatique européen du Jurassique supérieur (moulage)
- *Scaphognathus crassirostris :* ptérosaure européen du Jurassique supérieur (moulage)
- *Rhamphorhynchus munsteri* : ptérosaure européen du Jurassique supérieur (moulage)
- *Pterodactylus elegans* : ptérosaure européen du Jurassique supérieur (moulage)

• Ammonites : céphalopodes des mers du Jurassique (originaux)
• *Dapedium* sp. : poisson des mers du Jurassique (original)
• *Stenopterygius longifrons + Stenopterygius hauffianus* : ichthyosaures des mers du Jurassique (originaux)

La Terre au Crétacé inférieur

Les grands blocs continentaux continuent à s'éloigner les uns des autres : la faune et la flore évoluent différemment sur chaque bloc. Le climat devient beaucoup plus humide, de nouvelles plantes se développent et, au début du Crétacé, les premières plantes à fleurs (les angiospermes) apparaissent. Avec leur croissance et leur reproduction rapides, ce sont les premiers végétaux à recoloniser les zones dévastées par les hordes de dinosaures herbivores.

Et ailleurs dans le monde…

Au Crétacé inférieur, les petits cératopsiens primitifs comme *Psittacosaurus* abondent en Asie. Et les luxuriantes forêts du Liaoning, dans la région de Sihetun (en Chine), abritent une multitude de petits théropodes à plumes dont des oiseaux primitifs. Au Brésil, des théropodes spinosauridés se régalent de ptérosaures et de poissons, comme le montrent les splendides fossiles mis au jour dans la Santana Formation…

Spécimens
• Queue et mâchoire d'*Iguanodon* sp. : dinosaure européen (originaux)
• Crâne d'*Hypsilophodon foxii* : dinosaure européen (original)
• Vertèbre de Theropoda ind. : dinosaure européen (original)
• Coracoïde et tibia de Sauropoda ind. : dinosaure européen (originaux)
• *Notelops brama* : poisson fossilisé du Brésil (original)
• *Ararilepidotes temnurus* : poisson fossilisé du Brésil (original)
• *Vinctifer comptoni* : poisson fossilisé du Brésil (original)
• *Cladocyclus gardneri* : poisson fossilisé du Brésil (original)
• *Calamopleurus audax* : poisson fossilisé du Brésil (original)
• *Lycoptera sp.* : poisson fossilisé de Chine (original)
• *Ephemeropsis trisetalis* : larve d'insecte fossilisé de Chine (original)
• Crâne de *Psittacosaurus lujiatunensis* : dinosaure de Chine (original)

La Terre au Crétacé supérieur

Peu avant l'extinction de la fin du Crétacé, la température commence à baisser, les forêts denses du Crétacé inférieur laissent la place à des paysages plus clairsemés. Le niveau des mers diminue : des passages sont possibles entre l'Europe et l'Afrique, l'Asie et l'Amérique du Nord… L'explosion des plantes à fleurs favorise celle des insectes, des oiseaux et des mammifères. Et alors même que les reptiles marins et les ptérosaures déclinent, les dinosaures n'ont jamais été aussi diversifiés.

L'Europe au Crétacé supérieur

À la fin du Crétacé, l'Europe forme un ensemble de grandes îles, peuplées de nombreux dinosaures : petits Iguanodontia, hadrosaures primitifs, ankylosaures, sauropodes, théropodes et oiseaux primitifs. À cause de leur isolement, ils semblent moins évolués que les espèces d'Asie et d'Amérique du Nord. En tout cas, la petite taille des dinosaures de Roumanie (comme *Zalmoxes*) indiquerait une adaptation à ce milieu de vie insulaire.

Spécimens
• *Hoplopteryx* sp. : poisson fossilisé de Belgique (original)
• *Protosphyracna ferox* : poisson fossilisé de Belgique (original)
• *Saurocephalus intermedius* : poisson fossilisé de Belgique (original)
• Fémur, tibia et vertèbre caudale de « *Orthomerus dolloi* », Hadrosauroidea ind. : dinosaure de Belgique (originaux)
• Fémur de « *Megalosaurus bredai* », Theropoda ind. : dinosaure de Belgique (moulage)
• Griffe de « *Megalosaurus lonzeensis* », Theropoda ind. : dinosaure de Belgique (original)
• Dents de *Craspedodon lonzeensis*, Ceratopsia ? : dinosaure de Belgique (originaux)
• *Telmatosaurus transsylvanicus* : dinosaure européen (moulage)
• *Struthiosaurus transylvanicus* : dinosaure européen (moulage)
• *Magyarosaurus* sp. : dinosaure européen (moulage)
• Theropoda ind. : dinosaure européen (moulage)
• *Rhabdodon priscus* : dinosaure européen (moulages)

• Hadrosauroidea ind. (dinosaure européen (moulages)
• Hadrosauroidea ind. (dinosaure européen (moulages)
• Ankylosauria ind. : dinosaure européen (moulages)
• *Ampelosaurus atacis* : dinosaure européen (moulage)
• *Variraptor mechinorum* : dinosaure européen (moulages)

Tertiaire, ère des dinosaures ?

À la fin du Crétacé, les oiseaux modernes (les Neornithes) sont déjà bien représentés par des formes primitives de plongeons, de cormorans, de canards, de poules et peut-être même de perroquets ! Mais dès le début du Tertiaire, ils connaissent une explosion évolutive semblable à celle des mammifères. Et aujourd'hui, avec plus de 9700 espèces vivantes répertoriées, les oiseaux sont deux fois plus diversifiés que les mammifères. Les dinosaures sont donc loin d'être éteints !

Spécimens
• *Messelornis cristata* : oiseaux fossilisés (originaux)
• Aves ind. : oiseaux fossilisés (originaux)

Aves

Et plus encore...

1. Bernissart 1878 : une découverte historique !

Rencontrés par hasard fin mars 1878, par 322 mètres de fond, dans les entrailles d'une mine de charbon près de Mons, dans le Hainaut, nos célèbres Iguanodons de Bernissart constituent sans nul doute l'une des plus impressionnantes découvertes de dinosaures au monde.

Un gisement exceptionnel

Le gisement de Bernissart est très particulier, il reste unique à ce jour : un « puits naturel » en profondeur, une poche d'argile souterraine ayant permis la fossilisation impeccable d'un marécage entier et de sa trentaine d'Iguanodons, vieux d'environ 125 millions d'années.

En effet, la grande majorité des sites à dinosaures connus, actuels et passés, sont des gisements de surface ; ils ne fournissent bien souvent que des squelettes incomplets ou mélangés… C'est donc dans l'étonnante mise en place de notre gisement que réside l'originalité de Bernissart : une véritable mise sous scellés de nos trésors fossiles dans un « coffre » d'argile !

Il faut souligner également que c'est grâce à la richesse exceptionnelle en fossiles d'accompagnement, c'est-à-dire environ 3000 poissons, une salamandre, des tortues et des crocodiles, des fougères, des pommes de pin… qu'une reconstitution précise de l'environnement de nos Iguanodons a pu être réalisée.

Une fouille exemplaire

Entre 1878 et 1881, grâce au travail remarquable de toute une équipe composée de mineurs, de techniciens et de spécialistes du Musée d'Histoire naturelle de l'époque, plusieurs squelettes d'Iguanodons complets et en bon état sont progressivement exhumés puis ramenés jusqu'à la surface…

Des méthodes de fouilles méticuleuses et novatrices ont permis de sauver ce patrimoine inestimable : c'est en particulier l'œuvre de Louis De Pauw, un préparateur expérimenté du Musée qui fut envoyé sur place pour diriger les opérations. De Pauw avait acquis une sérieuse réputation pour avoir précédemment restauré le Mammouth de Lierre (près d'Anvers). On pense aussi qu'il fut très probablement l'inventeur de la technique de « coques de plâtre » installées in situ pour emballer les fragiles os fossilisés. Cette technique simple et originale est toujours employée avec succès de nos jours, un peu partout dans le monde.

Une première mondiale

C'est à Bruxelles, en 1883, qu'a eu lieu la première exposition internationale d'un squelette authentique et complet de dinosaure, en position de vie ! Un moment historique ! Cette reconstitution magistrale de notre Iguanodon, à la fois réaliste et scientifique, a été réalisée par nos équipes sous la houlette d'un pionnier de la paléontologie des vertébrés, Louis Dollo. Ses recherches approfondies sur l'anatomie comparée des fossiles et des animaux actuels l'ont amené par la suite à fonder une science nouvelle, la *paléobiologie*.

Une découverte historique

En 1841, Richard Owen, directeur du British Museum à Londres, invente le mot Dinosaure (du grec : « terrible lézard »), à partir de 3 représentants anglais de ces fameux reptiles : *Megalosaurus, Iguanodon* et *Hylaeosaurus*. Les dinosaures sont encore très mal connus à l'époque et leurs squelettes fort incomplets… La majorité des découvertes importantes sont effectuées en Europe et en Angleterre, en particulier.

En 1878, Bernissart constitue dès lors une découverte historique, car pour la première fois :

- plusieurs spécimens d'un même dinosaure sont enfin retrouvés ensemble;
- leurs squelettes sont complets et articulés, en « connexion anatomique »;
- leur environnement et les fossiles d'accompagnement sont clairement identifiés.

Une solide référence

D'un point de vue général, il faut savoir que l'Iguanodon reste la référence par excellence dans le domaine de la recherche sur les dinosaures, malgré plus de 700 espèces valides décrites à ce jour, car il fut l'une des premières découvertes et son histoire illustre parfaitement les progrès des investigations scientifiques accomplies depuis presque 200 ans.

Un succès permanent

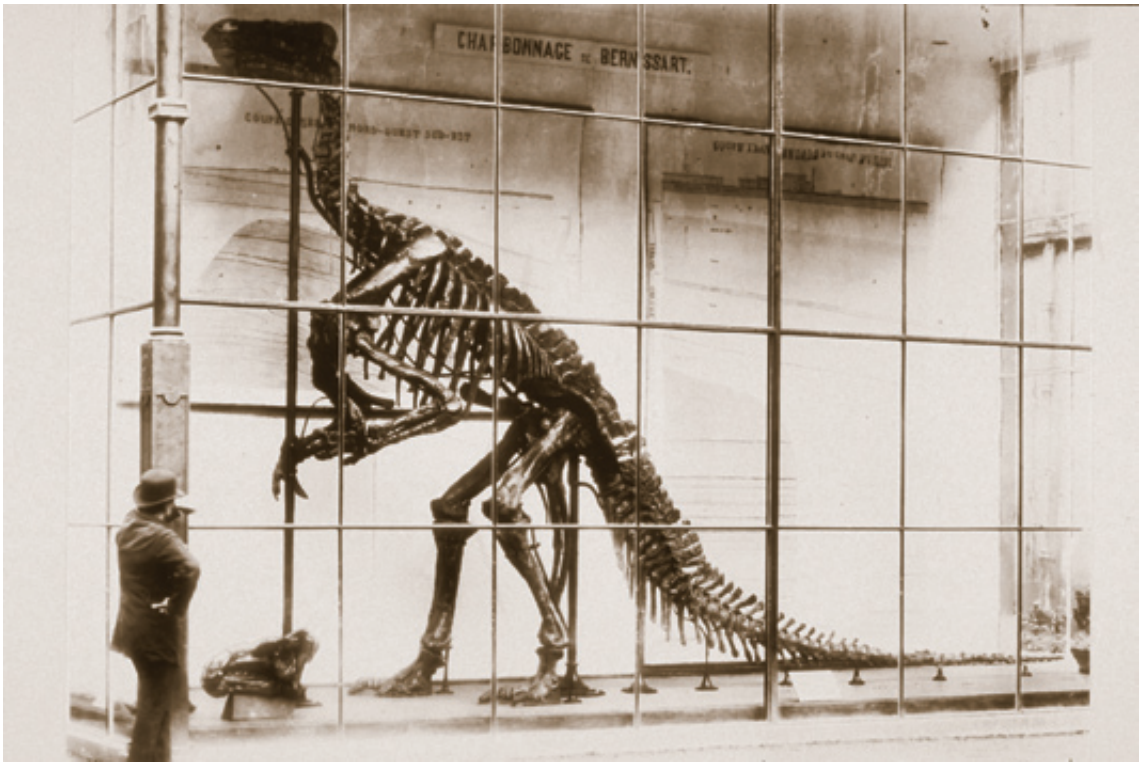
Après avoir suscité à maintes reprises la convoitise des pays voisins (France, Allemagne…), le succès de nos Iguanodons ne s'est jamais démenti au cours de ces dernières décennies. En effet, en 1985 et en 1988, plusieurs de nos véritables squelettes ont été exposés au Japon où ils connurent un accueil extraordinaire. Ensuite les Iguanodons furent les vedettes d'une exposition scientifique à Barcelone, de 2004 à 2006.

Un savoir-faire apprécié

Enfin, grâce à l'expérience acquise au contact quotidien de nos Iguanodons de Bernissart, tant dans le domaine de la recherche scientifique que dans celui de la préparation muséologique, l'expertise et le savoir-faire de nos chercheurs et de nos techniciens en paléontologie sont appréciés depuis fort longtemps. Ceci explique pourquoi ils sont régulièrement sollicités pour des campagnes de fouille à l'autre bout du monde, dans plusieurs projets internationaux (Chine, Russie, Roumanie etc.).

En conclusion

Bien que depuis 1878, de nombreuses et passionnantes découvertes sur les dinosaures se perpétuent un peu partout dans le monde, les **Iguanodons de Bernissart** constituent aujourd'hui encore une collection spectaculaire, de valeur internationale, à la fois par la richesse et l'originalité de son gisement, par l'excellente conservation des pièces et surtout par le caractère exceptionnel d'une trentaine de spécimens de la même espèce…



Premier exemplaire publiquement exposé, en 1883, dans la cour intérieure du Palais de Nassau

2. Fossilisation et fossiles

Le mot « fossile » veut dire « extrait de la terre ». Il désigne tous les restes, empreintes, traces d'organismes (plantes, animaux…) conservés dans le sol. Cependant, assez arbitrairement, on ne considère plus comme fossiles ces mêmes restes s'ils sont trop récents et datés d'après la fin de la dernière glaciation (-10.000 ans). La plupart des fossiles sont évidemment bien plus vieux. Leur âge se compte en millions, dizaines de millions… et même, milliards d'années (fossiles avérés de bactéries dans les roches de Gunflint, Canada, datés de 2 milliards d'années ; les stromatolithes australiens datés de 3,5 milliards d'années). La conservation d'un « objet biologique » sur de telles périodes est un phénomène rare, fruit de processus complexes globalement désignés comme « fossilisation ».

Les organismes vivants sont constitués de matière organique (les **parties molles**), avec ou sans squelette minéral (les **parties dures**). Même s'il y a des exceptions, on peut dire que les parties molles ont un très faible potentiel de fossilisation, alors qu'au contraire, les parties dures ont en général un bon potentiel de fossilisation. C'est pourquoi la majorité des fossiles sont des os, des dents, des coquilles ou des carapaces.

Dans tous les cas, même pour les éléments résistants, la probabilité de fossilisation reste faible. Lorsqu'un organisme meurt, il est rapidement détruit, digéré et « recyclé » par les charognards, nécrophages, bactéries et champignons saprophytes. Oxydation, gel et érosion détruisent jusqu'aux parties minéralisées les plus solides. Par contre, si l'organisme mort est rapidement mis à l'abri, recouvert ou enfoui dans un sédiment, alors le processus de fossilisation peut commencer. Plus exactement, « un » processus de fossilisation, car il en existe plusieurs.

- Un squelette, un coquillage, débarrassé en tout ou partie de sa matière organique, repose sur un fond de sédiment. Avant d'être abîmé par les charognards ou les conditions climatiques, il est recouvert par des dépôts de sable, de vase, d'argile ou de limon qui s'accumulent et provoquent son enfouissement. Très lentement, les vides de la matière originale (pores des ossements par exemple) sont remplis par des substances minérales. La transformation du sédiment en roche sédimentaire (exemple, craie, schiste, grès) produira, en bout de ligne, une roche contenant des fossiles dont la composition minéralogique sera proche de celle du squelette originel de l'organisme. La structure même du squelette (macro- et microstructure) est alors très bien conservée même si elle est souvent aplatie par le poids des couches supérieures ou déformées par le plissement des roches.
- Dans certains cas, la matière originelle du fragment fossilisé est remplacée peu à peu, molécule par molécule, par des substances minérales (carbonate, phosphate, silice...) provenant de la gangue qui l'entoure ou de l'eau qui percole la roche. On parle alors d'épigénisation ou de minéralisation secondaire. Ce phénomène produit parfois des fossiles spectaculaires (les ammonites pyritisées du Cap Blanc Nez) mais où seule la structure macroscopique est conservée.
- Ce même phénomène de remplacement molécule par molécule peut également se produire entre la matière organique d'un organisme mort et son environnement. C'est une des très rares possibilités de fossilisation des parties molles d'un organisme. La matière organique est remplacée par des phosphates, de la silice… c'est le cas, par exemple, de très rares mollusques, des bois fossiles, etc.
- Il peut aussi arriver que les squelettes soient partiellement ou entièrement dissous par l'eau qui circule dans la roche. Cette dissolution laisse une cavité dans la roche qui a conservé la forme du squelette « en creux ». Cette cavité peut par la suite être remplie par un autre matériel, comme des ciments de calcite par exemple, ou encore même des sédiments très fins. Le fossile est donc dans ce cas représenté par un moulage du squelette original.
- On parle de « carbonification » pour désigner un type remarquable de conservation d'organismes dépourvus de parties dures. Dans ce cas, la matière organique a été enfouie particulièrement rapidement dans le sédiment et protégée de l'oxygénation. Les volatiles, comme l'hydrogène, l'azote et l'oxygène ont été extraits, et seul le carbone a été conservé. Les parties molles de l'organisme ont donc été aplaties en un film de carbone où souvent les moindres détails sont conservés. Les fossiles de fougères ou de feuilles en sont de bons exemples. L'extraordinaire faune du Schiste de Burgess dans le parc national de Yoho en Colombie britannique en est un autre.
- Enfin, on parle également de fossiles pour désigner les organismes conservés dans la glace ou la terre gelée (les mammouths fossiles de Sibérie), dans l'ambre (résine végétale solidifiée dans laquelle on retrouve parfois des insectes) ou encore dans l'huile ou le bitume (les bactéries fossiles dans les pétroles).

Et après ?

Suite aux mouvements de la croûte terrestre, des roches profondément enfouies peuvent être soulevées, ramenant ainsi des fossiles à la surface. Il arrive alors que l'érosion en fasse apparaître certains qui, s'ils sont repérés, déclencheront la fouille par les paléontologues.

Les « Fossiles vivants »

Il s'agit d'une expression plus « journalistique » que scientifique qui, en associant deux mots à la signification quasiment opposée, veut désigner des espèces non-éteintes très proches d'espèces anciennes connues sous forme de fossiles. Souvent, il s'agit de survivants isolés d'un groupe, lui disparu, ayant bénéficié – outre de la « chance » – d'un environnement très stable exerçant une faible pression de sélection et donc d'évolution. C'est le cas du bien connu *Ginkgo biloba*, arbre déjà présent sur terre il y a 270 millions d'années ; ou du sphénodon, reptile confiné à quelques îlots de Nouvelle-Zélande, unique survivant de l'ordre des Rhynchocéphales dont il a conservé les caractères depuis le Jurassique.

L'effet littéraire est encore renforcé quand il s'agit d'espèces qui étaient d'abord connues sous forme fossile avant leur découverte dans la faune et la flore actuelle. Un des plus célèbres est sans aucun doute le coelacanthe (*Latimeria chalumnae*), poisson appartenant à un groupe que l'on croyait disparu depuis 65 à 70 millions d'années et dont on a trouvé un premier exemplaire vivant en 1938 seulement. L'histoire est similaire dans le cas du *Metasequoia* arbre découvert en 1943 dans une lointaine vallée chinoise ou de *Neopilina*, un mollusque trouvé par 4000 m de fond dans le golfe de Panama en 1952, et qui fait partie du groupe archaïque des Monoplacophores, que l'on considérait comme éteint depuis 350 millions d'années.

Feuille de *Ginkgo biloba*

Latimeria chalumnae

Les fossiles indicateurs

Certaines espèces fossiles présentent la particularité d'être typiques d'une période géologique. Si, en plus, ces fossiles sont relativement abondants et que leur aire de répartition est étendue, ils peuvent devenir de bons indicateurs stratigraphiques ou « fossiles dateurs ». Ainsi, si deux couches géologiques géographiquement éloignées contiennent la même espèce, on peut affirmer qu'elles datent de la même époque ! C'est le cas des ammonites dont les différentes espèces occupaient de vastes territoires et se succédaient rapidement. De même, les rostres de bélemnites, autres céphalopodes aujourd'hui disparus, permettent aux spécialistes de déterminer d'après leur taille, leur forme, la présence de sillons, l'époque à laquelle vivaient ces animaux.

Un peu de la même manière, les fossiles de faciès sont des espèces fossiles limitées à certains types de sédiments (faciès) et pouvant donner des indications relatives à la genèse du dépôt. Leur distribution locale est étroitement liée aux conditions physiques, chimiques et biologiques de l'environnement. Par comparaison avec les formes actuelles, ces fossiles nous renseignent, par exemple,

a) sur la nature du milieu dans lequel ils vivaient : eau douce, saumâtre, eau de mer ;
b) sur la profondeur à laquelle ils vivaient : eaux côtières ou océaniques ;
c) sur le climat qui régnait.

Concernant ce dernier point, les « profils polliniques » sont très utilisés pour, en comparaison des pollens actuels, établir des concordances avec les types de climat que nous pouvons observer aujourd'hui. Les pollens sont en effet très abondants, se fossilisent bien et leur éventail caractérise un type de flore, elle-même correspondant à un type de climat.

Aulacostephanus quenstedti

3. Où trouve-t-on des dinosaures ?

Les traces fossilisées de dinosaures se retrouvent sur tous les continents. Cette distribution mondiale est due, entre autre, au fait qu'au Trias (-205 à –140Ma), la terre avait une toute autre apparence qu'aujourd'hui : jadis, un super-continent, la Pangée, rassemblait toutes les terres actuelles. En l'absence de barrières naturelles, les dinosaures se sont déplacés et ont occupé tout l'espace accessible.

Plus tard, la migration des continents au cours du Jurassique a scindé la Pangée en deux grands supercontinents, la Laurasie et le Gondwana, séparés par l'océan Thétis. Très progressivement, des faunes différentes de dinosaures ont évolué de manière séparée …jusqu'à leur disparition, elle, à peu près synchrone.

DONC, ON PEUT TROUVER DES FOSSILES DE DINOSAURES PARTOUT, cependant…

…on ne trouve pas partout toutes les espèces de dinosaures. Il faut chercher les fossiles de dinosaures aux endroits où ils ont vécu et dans des roches sédimentaires formées à l'époque où ils ont vécu, c'est à dire au Mésozoïque (-251 MA > -65 MA).

Troodon

Même si la découverte fortuite des iguanodons de Bernissart à plus de 300 m de profondeur montre qu'on peut avoir de la chance, il est préférable de fouiller les roches sédimentaires triasiques, jurassiques ou crétacées là où elles sont remontées à la surface suite au mouvements tectoniques ou à l'érosion.

De tout temps, la terre a connu des variations périodiques de climats et des différences climatiques régionales. De même, il y avait des zones chaudes et d'autres très froides à l'époque des dinosaures et ceux-ci étaient adaptés à ces différents habitats.

Nous savons ainsi que, durant le Crétacé, plusieurs dinosaures vivaient au nord du cercle polaire arctique où régnait cependant un climat moins sévère qu'aujourd'hui. Parmi les découvertes, citons le théropode *Troodon*, un petit carnivore probablement apparenté au *Velociraptor*, l'hadrosaure *Edmontosaurus* et le cératopsien *Pachyrhinosaurus*. Leurs restes trouvés de l'Alaska jusqu'à l'Alberta et leYukon (Canada) laissent supposer que ces animaux migraient du nord vers le sud, au début de l'hiver polaire. Les grands orbites de *Troodon* pourraient témoigner d'une adaptation à la longue nuit polaire. Ce même *Troodon*, un des dinosaures les plus connus, partage bon nombre de caractéristiques avec les oiseaux (ossements creux, grande capacité cérébrale et plumage). Une vingtaine de squelettes complets et un œuf fossile contenant un embryon ont été mis au jour.

Cryolophosaurus

L'Antarctique, où régnait durant le Jurassique inférieur un climat modérément froid, a également livré des ossements fossiles. *Cryolophosaurus* a été découvert près du pôle sud, parmi des restes d'autres animaux, tels qu'un platéosaure (dinosaure primitif) et un tritylodonte (parent lointain des mammifères). *Cryolophosaurus* était un théropode vivant au Jurassique, caractérisé par une crête saillante sur la tête. Son nom signifie « lézard froid à crête », .

Toujours au Jurassique, l'Australie, attachée à l'Antarctique, héberge un grand nombre de dinosaures dont on retrouve aujourd'hui les fossiles. *Leaellynasaura*, un petit ornithopode herbivore est l'une des plus importantes découvertes du *Dinosaur Cove*, un site mondialement renommé dans l'état de Victoria, au sud du continent. Il était contemporain de *Muttaburrasaurus*, un cousin australien de notre Iguanodon.

L'Afrique qui, au Trias, se trouvait entre l'Australie et l'Amérique du Sud, est très riche en fossiles mésozoïques. Plus de 40 genres de dinosaures sont connus, dont la moitié appartient aux prosauropodes et aux sauropodes. Neuf d'entre eux sont également présents en Amérique et en Europe.

Les faunes sud-américaine et africaine étaient relativement semblables jusqu'au Crétacé moyen, lorsque ces continents ont commencé à se séparer. Les sites de dinosaures africains les plus importants sont la formation Argana au nord, la formation de Lower Elliot au sud et la formation de Tendaguru, sur les côtes tanzaniennes.

En 1886, quelques années après la découverte des Iguanodons à Bernissart, des restes de dinosaures du Crétacé ont été trouvés sur le continent sud-américain. Plus tard des individus du trias supérieur et du jurassique ont également été mis au jour. Cependant, les descriptions scientifiques n'ont sérieusement commencé qu'après 1965 et principalement en en Argentine. Trente six des 44 genres sud-américains sont présents en Argentine, mais le Brésil, le Chili, la Colombie, le Pérou et la Bolivie ont également livré des squelettes dont la grande majorité doit encore être étudiée.

Les dinosaures d'Amérique du Nord sont sans doute les plus connus au monde. La plupart des espèces datent du Trias supérieur, du Jurassique supérieur et du Crétacé. La première découverte de dinosaures jamais faite était celle d'un hadrosaure par Leidy en 1858. Les éminents pionniers de la recherche des dinosaures, March et Cope, opéraient à la fin du 19ème siècle. Depuis, plus de cent genres nord-américains ont été décrits. Parmi les sites intéressants, citons la formation de Morisson (où ? Jurassique supérieur) avec, entre autres, Diplodocus, Othnielia et Allosaurus, et la formation de Hell Creek (Alberta, Crétacé supérieur), avec Triceratops et Tyrannosaurus.

Depuis les premières découvertes de dinosaures en Angleterre, des trouvailles significatives ont eu lieu dans beaucoup de pays européens. Par rapport au reste du monde, il est remarquable que des fossiles aient été trouvés dans tous les sédiments du Mésozoïque. Si les faunes du Trias et du Jurassique sont très comparables à celles des autres continents, en particulier l'Amérique du Nord et l'Afrique, la faune du Crétacé, elle, a un caractère plus spécifique. C'est à cette époque que les continents commençaient à prendre leur position actuelle. Plus de 75 genres ont été décrits en Europe. La principale découverte sur le continent européen reste celle des iguanodons dans le charbonnage de Bernissart. D'autres sites célèbres sont les formations de Solnhofen et de Keuper en Allemagne, les argiles de l'oxfordien et le groupe du Wealden dans le sud et l'est de l'Angleterre. Le groupe du Wealden se retrouve également de l'autre côté de la Manche, sur le continent : nos iguanodons ont été découverts dans ces sédiments.

Parmi les dinosaures d'Asie, ce sont ceux du Crétacé supérieur qui présentent la plus grande valeur scientifique. Au fur et à mesure des nouvelles descriptions, on se rend compte que la diversité des groupes de la fin du Crétacé était largement sous-estimée. Ceci va à l'encontre des théories de disparition progressive des dinosaures et argumente pour une extinction brutale, par exemple suite à un impact de météorite. Nos paléontologues mènent d'importantes recherches en Asie, et leurs découvertes confirment cette dernière hypothèse.

4. Comment les dinosaures communiquaient-ils ?

Grâce à des recherches approfondies sur un grand nombre de fossiles, les paléontologues osent émettrent des hypothèses concernant ce sujet délicat. Comme chez les espèces récentes, certaines parties du corps peuvent servir tant à la communication qu'à la défense. L'étude de la communication chez les dinosaures doit être principalement basée sur cette observation.

Parasaurolophus

La crête de *Parasaurolophus*

Pendant longtemps, les paléontologues se sont demandé à quoi servaient les curieuses crêtes dont les lambeosaurinés (des dinosaures à bec de canard portant une crête) étaient coiffés. On a d'abord suggéré que la crête de *Parasaurolophus* était une arme de défense. Plus tard, après avoir découvert que cette crête était creuse, les scientifiques pensaient qu'il s'agissait d'une sorte de tuba, permettant à *Parasaurolophus* de rester sous l'eau pendant de longues périodes. Ils avaient également imaginé que cette crête pouvait afficher l'identité sexuelle.

Par la suite, des chercheurs ont eu l'idée de reconstituer une crête de *Parasaurolophus* en matière synthétique ce qui leur permit de résoudre l'énigme. Un crâne complet découvert au Nouveau-Mexique a été passé au scanner-CT (Dispositif permettant d'obtenir une imagerie en 3D). Les résultats ont montré que cette crête était beaucoup plus complexe que ce que les chercheurs pensaient, révélant une structure comparable à celle d'un trombone : elle servait probablement à amplifier les sons et à les rendre audibles sur de longues distances. Certains scientifiques pensent que les sons émis par *Parasaurolophus* étaient tellement variés, qu'ils différaient même légèrement d'un animal à l'autre. Il est également admis que les sons étaient adaptés à la situation et variaient entre un bourdonnement sourd et un roucoulement aigu. Une communication aussi sophistiquée pourrait attester de la présence de structures sociales complexes chez les dinosaures.

Centrosaurus

La collerette de *Centrosaurus*

Centrosaurus, classé parmi les Ceratopsia, est un cousin du célèbre « trois cornes » ou *Triceratops*. Cet herbivore de taille moyenne vivait au Crétacé supérieur. Il portait une protubérance considérable sur le museau, une épine plus petite au dessus de l'orbite et une autre en dessous de celui-ci. Comme *Triceratops* et *Styracosaurus,* il portait une spectaculaire collerette couvrant le cou. Celle-ci était percée de deux fenêtres qui l'allégeaient tout en conservant sa fonction protectrice. La collerette était couverte d'une peau qui, suite à un apport de sang, aurait pu changer de couleur (comme les plaques dorsales de *Stegosaurus).* Des chercheurs supposent que *Centrosaurus* pouvait ainsi impressionner une femelle ou intimider un prédateur. Il pouvait également utiliser ses cornes pour effrayer des assaillants ou pour impressionner ses congénères mâles, comme font les cerfs et les élans aujourd'hui. Les mâles les plus forts, aux plus grandes cornes, étaient certainement les préférés des femelles. Plusieurs découvertes d'individus groupés, dans différents chantiers de fouilles, laissent supposer que *Centrosaurus* était un animal grégaire

Le casque de *Pachycephalosaurus*

Pachycephalosaurus avait un aspect plutôt bizarre d'où son nom : lézard (*saurus*) à tête (*cephalos*) épaisse (*pachy*). Son cerveau relativement petit était protégé par une énorme calotte crânienne de 20 à 25 cm d'épaisseur ! Il est le plus grand membre connu des Pachycephalosauria, un groupe apparenté aux Ceratopsia. Initialement les scientifiques pensaient que les mâles utilisaient leur tête comme un bélier, peut-être lors de luttes pour une femelle. Mais des recherches ultérieures ont révélé que le crâne n'était pas apte à résister à de pareils chocs : les coups de tête ricocheraient. Une option plus réaliste serait de charger sur le flanc du rival.

Pachycephalosaurus

5. Le Mésozoïque ou l'ère secondaire

Les dinosaures sont apparus, ont connu leur apogée et se sont éteints au cours de l'ère secondaire (-250 à -65 millions d'années). Ils ont régné durant 165 millions d'années. Pendant cette longue période, la faune et la flore, sur terre, en mer comme dans les airs n'ont cessé d'évoluer.

Le Trias (-250 à -203 millions d'années)

A cette époque, l'ensemble des continents forme un bloc unique appelé la Pangée, entouré d'un seul océan, la Panthalassa. Le climat est chaud et humide. Le niveau des mers est plus élevé qu'aujourd'hui et les pôles ne sont pas couverts de glace. Les plantes et les animaux se concentrent le long des côtes. Sous l'eau, les ammonites et les reptiles marins commencent à se diversifier. Sur terre, les ancêtres des mammifères, les synapsides (ainsi nommés car leur crâne ne présente qu'une seule fosse temporale), dominent largement mais seront progressivement remplacés par des vertébrés plus modernes. A la fin du Trias, le règne animal se diversifie : tortues, crocodiles, ptérosaures (reptiles volants), mammifères… et les dinosaures apparaissent.

Le Jurassique (-203 à -135 millions d'années)

La Pangée se sépare peu à peu en Gondwana au sud et en Laurasie au nord. Le climat est chaud. De nombreuses terres sont alors recouvertes par des mers peu profondes, peuplées de mollusques bivalves, d'ammonites, de poissons, ainsi que de grands reptiles marins : les plésiosaures et les ichtyosaures. Sur terre, ce sont les dinosaures qui dominent le paysage. Les mammifères du Jurassique sont petits et les oiseaux n'apparaissent qu'à la fin de cette période. La flore comprend déjà des prêles, des fougères, des cycadales (gymnospermes primitives à allure de palmier), des ginkgos et des conifères primitifs.

Le Crétacé (-135 à -65 millions d'années)

La dérive des continents les dirige peu à peu vers leur position actuelle, avec l'ouverture complète de l'Atlantique. L'Amérique du sud se détache de l'Afrique ; l'Inde et l'Australie remontent lentement vers l'Asie. Le climat est moins chaud qu'au Jurassique. Les plantes à fleurs envahissent tous les continents. Les mollusques et les échinodermes (oursins et étoiles de mer) sont particulièrement diversifiés.
Le Crétacé se termine avec la disparition dramatique des ammonites, des grands reptiles marins, des ptérosaures et des dinosaures.

6. Les extinctions massives

Les archives géologiques révèlent de longues périodes de calme relatif, ponctuées par de brefs intervalles de profonds changements de la vie sur terre. Des extinctions massives se sont produites, suivies par une grande diversification des groupes survivants.

La recherche des fossiles et leur datation mettent en évidence 5 à 7 extinctions massives, dont (voir fig. p535) deux ont été particulièrement étudiées.

L'extinction du Permien (-250 millions d'années)

Elle a balayé plus de 90% des espèces animales marines et au moins 2/3 des espèces terrestres. Chez les insectes, 1/3 des ordres présents au Permien ont disparu au Trias. Cette hécatombe s'est produite en moins de 5 millions d'années. A cette période, la formation de la Pangée perturbe de nombreux habitats marins et terrestres et modifie le climat. D'énormes éruptions volcaniques ont lieu dans la région de la Sibérie actuelle. La lave, les cendres et le dioxyde de carbone produits en quantité phénoménale ont très probablement conduit à un réchauffement du climat de la planète, entraînant une extinction de masse

L'extinction des dinosaures (-65 millions d'années)

Les dinosaures ont brusquement disparu à la fin du Crétacé. Qu'entend-on par brusque ? Etait-ce un processus inéluctable ou un accident ?

Les théories s'affrontent

Les « gradualistes » estiment que l'évolution de la diversité des dinosaures atteint son apogée durant la seconde moitié de leur règne pour se réduire fortement lors des derniers millions d'années.

Certaines disparitions, comme celle des ichtyosaures, ont eu lieu bien avant. Il est possible que le déclin des dinosaures ainsi que de nombreux autres groupes ait été amorcé au Crétacé supérieur et que l'une ou l'autre catastrophe leur ait donné le coup de grâce.

Parmi les théories proposées par les scientifiques, aucune ne suffit, à elle seule, à expliquer cette extinction massive. Trois hypothèses apparaissent cependant comme fort probables : un retrait massif des océans, la chute d'une météorite, et des éruptions volcaniques en série.

Suivant le modèle gradualiste, l'extinction des dinosaures fait principalement suite à un changement climatique étalé sur une relativement longue période. Des observations géologiques prouvent qu'à la fin du Crétacé, le niveau des mers s'est abaissé, provocant l'assèchement de quelques 29 millions de km², soit à peu près la superficie de l'Afrique. Les plaines côtières où vivaient une grande majorité de dinosaures, se seraient raréfiées, les confinant dans des habitats de plus en plus restreints. Le climat subtropical serait devenu plus tempéré et plus continental, avec des saisons marquées, des variations de températures et des changements de végétations. Le déclin des dinosaures a permis à d'autres groupes de s'épanouir.

Les « catastrophistes » présentent également des arguments de poids. Le plateau du Deccan en Inde montre des épanchements de lave d'une extraordinaire épaisseur (2000 m) recouvrant une surface d'environ 500.000 km². Témoins d'une intense activité volcanique s'étendant sur plusieurs millénaires, ces laves ont été datées à… 65 millions d'années. S'en serait suivi une importante libération de gaz carbonique et de cendres dans l'atmosphère qui aurait pu affecter durablement les climats. Les cendres volcaniques, masquant la lumière solaire, auraient provoqué l'obscurité et le froid ainsi qu'une diminution sensible du rendement de la photosynthèse et donc des plantes. Les énormes quantités de dioxyde de soufre émises par les volcans, seraient retombées sous forme d'intenses pluies acides, décimant les plantes dont se nourrissaient bon nombre d'animaux, dont les dinosaures. Les « terribles lézards » pourraient donc bien être morts de faim…

Autre cause aux effets similaires : une séduisante théorie suppose l'écrasement sur terre d'un astéroïde gigantesque (10 km de diamètre). La collision aurait dégagé une énergie phénoménale, pulvérisant l'astéroïde et une large surface de la croûte terrestre. Les matériaux expulsés se seraient répandus dans l'atmosphère, occultant la lumière solaire et plongeant la terre dans l'obscurité et le froid pendant plusieurs mois, voire plusieurs années. Les chaînes alimentaires directement dépendantes de la photosynthèse auraient été les plus sévèrement touchées. Celles dépendant de la matière organique en décomposition, présentes dans les fonds marins, les eaux douces et l'humus terrestre auraient résisté, attendant que les conditions redeviennent normales. Privées de lumière, les plantes auraient complètement dépéri. Après quelques temps cependant, la végétation aurait repris à partir de graines, de spores ou de racines. Mais trop tard pour les dinosaures herbivores. Ces gros consommateurs de végétaux auraient disparu les premiers, suivi de près par les dinosaures carnivores dont ils constituaient le menu.

Pour corroborer cette théorie, les géologues ont repéré, dans de nombreuses régions du globe, une mince couche de sédiments fortement enrichie en iridium, un métal rare qui se forme suite à l'impact constant de

minuscules météorites à la surface de la terre. Cette couche datée à la limite Crétacé - Tertiaire correspondrait aux cendres redéposées après l'impact de la météorite géante.

Certains grains de quartz, typiques des impacts météoritiques, se retrouvent également dans cette couche de sédiments. Enfin, il semble que le cratère d'impact ait été identifié : un cirque de 180 à 310 km de diamètre a été localisé à la pointe du Yucatan (Mexique) et daté de 64,9 millions d'années.

Les dinosaures ne sont pas les seuls à avoir disparu !
Plus de 60% des espèces animales et végétales présentes sur terre et dans les mers à la fin du Crétacé se sont éteintes en même temps que les dinosaures. Ce fut le cas de la plupart des ammonites, des crinoïdes (échinodermes pédonculés), des mosasaures (reptiles marins apparentés aux varans)… Plus des 3/4 du plancton et des algues unicellulaires ainsi que de nombreux pollens disparurent aussi et, avec eux, les sources de nourriture pour bien d'autres espèces.

Les survivants et les descendants des dinosaures

Parmi les survivants on trouve la plupart des vertébrés d'eau douce (poissons, amphibiens, tortues et crocodiles), de petits reptiles terrestres ainsi que les petits mammifères insectivores ou granivores. Ces derniers vont envahir rapidement les niches écologiques laissées libres par les dinosaures et devenir le groupe zoologique à succès que l'on connaît.

Les dinosaures ont-ils vraiment disparu ? On sait aujourd'hui qu'au fil du temps, certaines espèces de carnivores, de petits théropodes, ont évolué pour devenir les oiseaux.

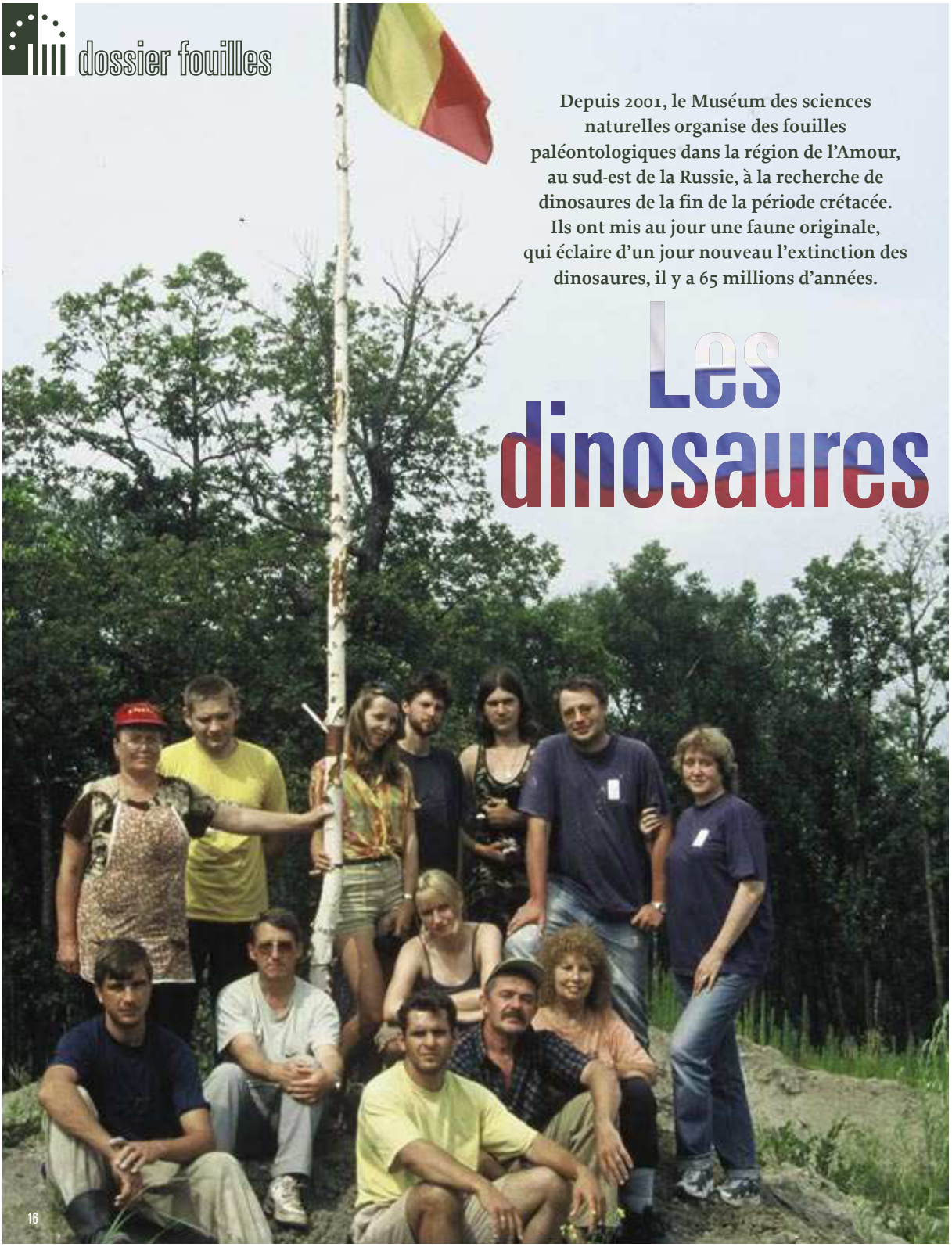
Annexe

Science connection n° 6; 2005. Politique scientifique fédérale

dossier fouilles

Depuis 2001, le Muséum des sciences naturelles organise des fouilles paléontologiques dans la région de l'Amour, au sud-est de la Russie, à la recherche de dinosaures de la fin de la période crétacée. Ils ont mis au jour une faune originale, qui éclaire d'un jour nouveau l'extinction des dinosaures, il y a 65 millions d'années.

Les dinosaures



16

de l'Amour

Les dinosaures sont les animaux emblématiques de l'ère secondaire. Il est vrai qu'ils ont régné en maître sur l'ensemble des écosystèmes terrestres pendant plus de 160 millions d'années. Leur disparition, il y a 65 millions d'années, constitue l'un des mystères les plus tenaces de la paléontologie. Ce problème a déjà fait l'objet de plusieurs centaines d'articles dans des revues scientifiques. On ne compte plus le nombre de théories, souvent plus farfelues les unes que les autres, qui tentent d'expliquer la disparition soudaine de ces animaux mythiques. Jusqu'à présent, tous les scénarios proposés pour expliquer l'extinction des dinosaures n'étaient basés que sur des fossiles découverts à l'ouest des montagnes rocheuses, en Amérique du Nord. Depuis la fin du XIX^{e} siècle, cette région a en effet livré une succession de faunes de vertébrés terrestres couvrant une grande partie de la fin du crétacé, la dernière période de l'ère secondaire. Les paléontologues ont donc pu retracer de façon assez détaillée les dernières pages de l'histoire des dinosaures dans cette région. Il est cependant très hasardeux d'extrapoler à l'ensemble de la Terre des faits observés dans une région géographique très limitée. Ce n'est en effet pas parce qu'un groupe d'animaux n'est pas représenté dans une région qu'il a nécessairement disparu de la surface du globe. Il est donc primordial d'étudier d'autres faunes de dinosaures dans d'autres endroits du monde afin d'obtenir une vue moins biaisée de leur biodiversité à la fin du crétacé. Les gisements à vertébrés terrestres de cet âge sont malheureusement très rares et habituellement pauvres en fossiles. Heureusement, depuis une vingtaine d'années, les découvertes de dinosaures se sont accumulées dans la région de l'Amour, le long du célèbre fleuve qui marque la frontière entre la Russie et la Chine. Ces fossiles n'ont été étudiés que depuis quelques années, suite à de nouvelles fouilles menées notamment par le Muséum des sciences naturelles et le Musée de paléontologie de l'Amour KNII à Blagoveschensk.

Premières découvertes

La présence d'ossements de dinosaures dans les gisements crétacés de la région de l'Amour est connue depuis plus d'un siècle. Ce sont parmi les plus anciennes découvertes de dinosaures en Asie. Mais l'important potentiel scientifique de ces gisements n'avait jamais été véritablement exploité. C'est en 1902 qu'un officier de l'armée russe, le colonel Manakin, rassembla quelques ossements fossiles le long de la rive chinoise de l'Amour. Cette trouvaille finit par arriver aux oreilles de chercheurs travaillant au Comité géologique de Russie à Saint-Pétersbourg, à l'autre bout de l'immense Russie. De 1914 à 1917, ce comité organisa plusieurs expéditions dans la région et entreprit même deux campagnes de fouilles le long du fleuve, à proximité de l'actuelle ville chinoise de Jiayin. Ils mirent au jour des ossements de dinosaures qu'ils ramenèrent en 1917 à Saint-Pétersbourg pour y être préparés et étudiés. A partir de ces fossiles fragmentaires, le paléontologue A. Riabinin reconstitua le squelette complet d'un nouveau genre d'hadrosaures – ou dinosaures à bec de canard – qu'il baptisa *Mandschurosaurus amurensis*. Cette espèce est actuellement considérée comme une chimère : le squelette reconstitué par Riabinin est en effet composé d'ossements provenant de plusieurs individus, voire de plusieurs espèces. De plus, les ossements découverts ne

A partir de fossiles fragmentaires, le paléontologue A. Riabinin reconstitua le squelette complet d'un nouveau genre d'hadrosaures actuellement considérée comme une chimère.

Carte localisant les gisements à dinosaures crétacés de la région de l'Amour.

L'équipe de fouille russo-belge à Kundur, en 2003. Photo Th. Hubin/ IRSNB.

Olivier Lambert dégage le bassin et la patte en connexion d'un spécimen adulte d'Olorotitan arharensis à Kundur, en Russie. Photo Th. Hubin/IRSNB.

présentent pas réellement de caractères diagnostiques et ont été largement restaurés avec du plâtre, de telle sorte qu'il est maintenant pratiquement impossible de distinguer les pièces originales des parties sculptées par les préparateurs. Les paléontologues se sont donc très rapidement désintéressés de *Mandschurosaurus* et du gisement à dinosaures de Jiayin. A partir de 1977, plusieurs musées locaux chinois reprirent des fouilles à Jiayin, en ordre dispersé et bien loin des yeux de la communauté scientifique internationale.

En 1995, le Muséum des sciences naturelles et ses partenaires chinois entamèrent un vaste projet de recherches paléontologiques dans le nord de la Chine, en Mongolie intérieure. Ces recherches, financées par la Politique scientifique fédérale, avaient comme principal objectif d'éclaircir les relations phylogénétiques (« de parenté ») liant le groupe des iguanodons de Bernissart à celui des hadrosaures. C'était donc l'occasion de réviser l'ensemble des hadrosaures chinois. En 1999, une étude plus systématique des impressionnantes collections de dinosaures provenant du gisement de Jiayin et dormant dans les réserves des musées locaux, dans les provinces de Jilin et du Heilongjang fut entreprise. De ces visites, il ressortit que plus de 90% des ossements découverts à Jiayin appartiennent à un nouveau genre d'hadrosaure, baptisé *Charonosaurus jiayinensis*.

D'étranges canards

Au cours de la seconde moitié du crétacé, les hadrosaures étaient parmi les dinosaures herbivores les plus abondants et les plus diversifiés. Leurs fossiles sont particulièrement bien connus en Amérique du Nord, où de nombreux squelettes complets ont été découverts, mais on les retrouve également sur tous les continents, dont l'Antarctique. Les hadrosaures étaient des dinosaures de grande taille, pouvant atteindre 12 mètres de long. Ils couraient sur leurs puissantes pattes arrière, mais ils pouvaient certainement adopter une démarche quadrupède au cours de leurs déplacements lents. Leurs mâchoires étaient élargies et aplaties, d'où leur surnom de « dinosaures à bec de canard ». Leur dentition complexe était organisée en batteries dentaires : plusieurs générations de dents étaient simultanément présentes dans les mâchoires. Ainsi, lorsqu'une dent était trop usée pour être efficace, elle était très rapidement remplacée par une dent de la génération suivante. Les hadrosaures pouvaient donc se nourrir de végétaux coriaces. Les paléontologues distinguent deux sous-familles d'hadrosaures : les hadrosaurinés et les lambéosaurinés. On pense que les hadrosaurinés pouvaient gonfler cette membrane qui formait alors une caisse de résonance lorsque l'animal poussait un cri. Les lambéosaurinés sont quant à eux caractérisés par une crête creuse ornant le sommet de leur crâne. La cavité nasale forme un diverticule tortueux à l'intérieur de cette crête que les lambéosaurinés utilisaient comme un véritable trombone. Comme les différentes espèces de lambéosaurinés se caractérisent par des crêtes de formes différentes, ils devaient donc produire des sons bien spécifiques.

Le crâne des hadrosaurinés est dépourvu de crête ou porte une crête pleine. Leurs narines sont considérablement agrandies et étaient couvertes d'une membrane.

Charonosaurus, découvert à Jiayin, appartient au groupe des lambéosaurinés. Bien qu'on ne connaisse pas la forme exacte de sa crête, si fragile qu'elle n'a pu résister aux outrages du temps, une analyse détaillée des os crâniens suggère qu'elle avait une forme tubulaire allongée. Elle ressemblait probablement très fort à celle du célèbre *Parasaurolophus*, un proche cousin d'Amérique du Nord. *Charonosaurus* et *Parasaurolophus* diffèrent notamment par la morphologie de leur bassin. Le gisement de Jiayin est actuellement considéré par les autorités chinoises comme un trésor paléontologique national. Il est protégé et de nouvelles fouilles ne peuvent plus y être envisagées.

En traversant le fleuve Amour

De nombreux fossiles de dinosaures ont également été trouvés de l'autre côté du fleuve Amour, en Russie. Leur première mention, par le célèbre paléontologue moscovite A. Rozhdestvensky, date de 1957. Il y décrivit notamment quelques ossements découverts dans la ville de Blagoveschensk, la capitale de la région de l'Amour. Toutefois, il interpréta de façon erronée le contexte géologique des découvertes. Pour lui, les ossements auraient été transportés et remaniés dans des sédiments beaucoup plus récents. Hors de leur contexte géologique original, ils auraient donc perdu une grande partie de leur intérêt scientifique. Rozhdestvensky était peut-être un peu pressé de regagner Moscou ; il est vrai que des conditions météorologiques dantesques avaient célébré son séjour à Blagoveschensk. C'était sans compter sur l'obstination et le travail acharné de Yuri Bolotsky. Ce paléontologue attaché à l'Amour KNII, la branche extrême-orientale de l'Académie des sciences de Russie, a en effet

Dent d'un dinosaure carnivore découverte près de la carcasse de l'hadrosaure Olorotitan arharensis à Kundur, en Russie.
Photo Th. Hubin/IRSNB.

Feuille fossile, datant de la fin du Crétacé, découverte près du gisement à dinosaures de Kundur, en Russie.
Photo Th. Hubin/IRSNB.

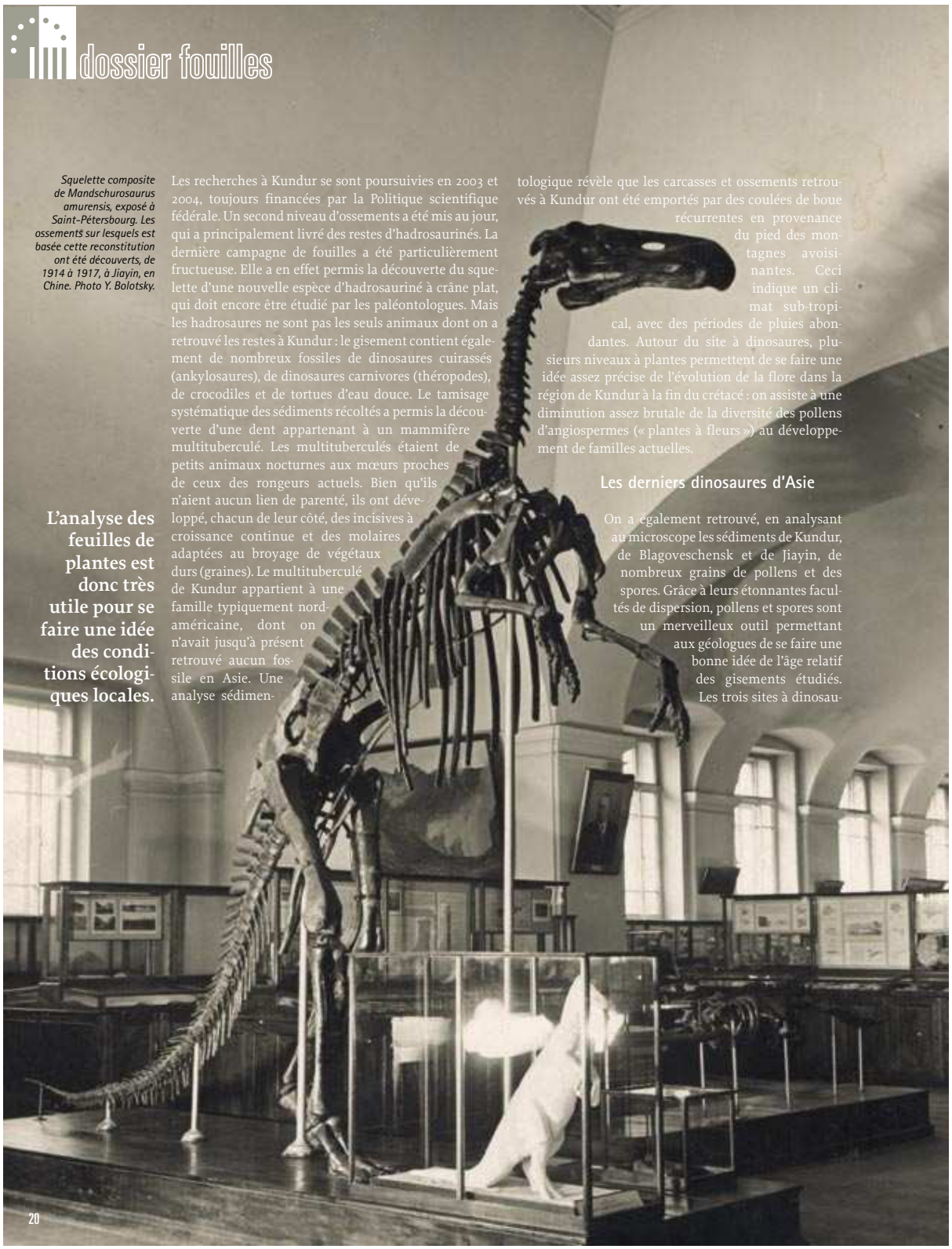
entrepris des fouilles systématiques à Blagoveschensk de 1984 à 1991. Il y a extrait plusieurs centaines d'ossements d'hadrosaures, mais n'a pas eu le temps de les étudier en détail à cette époque. En 1991, Bolotsky et son équipe découvrirent également un nouveau gisement à dinosaures à Kundur, à 350 km au sud-est de Blagoveschensk et à une cinquantaine de kilomètres au nord-est de Jiayin. A cause de la détérioration économique de la région, suite à l'éclatement de l'ex-U.R.S.S., Yuri Bolotsky dut ensuite se consacrer, pendant plusieurs années, à des activités plus lucratives et travailler dans les riches mines d'or de la région de l'Amour. Ses activités paléontologiques reprirent en 1999, lorsqu'il prit contact avec les chercheurs du département de paléontologie de le Muséum des sciences naturelles pour collaborer à l'étude des dinosaures de la région de l'Amour.

Comme à Jiayin, le gisement de Blagoveschensk a essentiellement livré des ossements de lambéosaurinés. *Charonosaurus* n'est cependant pas représenté à Blagoveschensk, mais une autre espèce régnait en maître : *Amurosaurus riabinini.* Les principales différences entre ces deux lambéosaurinés résident dans la morphologie du sommet du crâne : la configuration des os du toit crânien suggère qu'*Amurosaurus* portait une crête relativement courte et haute, un peu comme un casque corinthien. Une étude détaillée du crâne montre également qu'*Amurosaurus* était un lambéosauriné relativement primitif. Mais comme nous le verrons plus loin, degré d'évolution et âge sont deux données indépendantes. Un inventaire exhaustif de tous les ossements découverts à Blagoveschenk par l'équipe de Yuri Bolotsky a réservé une nouvelle surprise : *Amurosaurus* n'était pas le seul hadrosaure présent à Blagoveschensk à la fin du crétacé. Une dizaine de fossiles – tous des ossements crâniens – peuvent en effet être attribués à un nouvel hadrosauriné à crâne plat, baptisé *Kerberosaurus manakini. Kerberosaurus* était un proche parent de *Saurolophus* que l'on retrouve dans des terrains un peu plus anciens, à la fois aux Etats-Unis et en Mongolie. Il ne possédait toutefois pas la crête solide allongée caractéristique de *Saurolophus.* A Blagoveschensk, comme à Jiayin, on ne retrouve pas de squelettes complets, mais bien une accumulation d'ossements entremêlés appartenant à de nombreux spécimens. Comment expliquer la formation d'un tel « Mikado » d'ossements ? Une étude sédimentologique du gisement indique que Blagoveschensk formait, à la fin du Crétacé, une plaine alluviale. Lors des périodes de crues, les eaux des rivières emportaient les carcasses des animaux morts à proximité des points d'eau. Les fragments de squelettes s'accumulaient à certaines places, piégés par les méandres ou déposés aux endroits de moindres courants. Autre fait intéressant : on retrouve principalement à Blagoveschensk des ossements appartenant à des individus juvéniles, sans doute des proies plus faciles pour les dinosaures carnivores qui rôdaient autour des points d'eau.

Un cimetière de dinosaures

Mais l'équipe de recherche belgo-russe a surtout concentré ses efforts sur le nouveau gisement de Kundur. En 2001, une importante fouille a pu être organisée, grâce à un financement octroyé par la célèbre *National Geographic Society.* Le splendide squelette d'un hadrosaure a été mis au jour. C'est le dinosaure le plus complet jamais découvert en Russie ; avec sa crête presque complète, c'est également le lambéosauriné le mieux conservé en dehors de l'Amérique du Nord. Il appartient à une nouvelle espèce baptisée Olorotitan arharensis, le cygne géant de la région d'Arhara. Le squelette d'Olorotitan mesure 8 mètres, du bout du museau à l'extrémité de la queue. Ses pattes arrières sont particulièrement hautes et puissantes. Le caractère le plus remarquable est sans aucun doute le grand développement de la crête creuse qui orne le sommet de son crâne. Le cou est très allongé et flexible : il possède en effet 18 vertèbres cervicales, alors que les autres hadrosaures en ont, au maximum, 15.

L'équipe de recherche belgo-russe a surtout concentré ses efforts sur le nouveau gisement de Kundur.



Squelette composite de Mandschurosaurus amurensis, exposé à Saint-Pétersbourg. Les ossements sur lesquels est basée cette reconstitution ont été découverts, de 1914 à 1917, à Jiayin, en Chine. Photo Y. Bolotsky.

Les recherches à Kundur se sont poursuivies en 2003 et 2004, toujours financées par la Politique scientifique fédérale. Un second niveau d'ossements a été mis au jour, qui a principalement livré des restes d'hadrosaurinés. La dernière campagne de fouilles a été particulièrement fructueuse. Elle a en effet permis la découverte du squelette d'une nouvelle espèce d'hadrosauriné à crâne plat, qui doit encore être étudié par les paléontologues. Mais les hadrosaures ne sont pas les seuls animaux dont on a retrouvé les restes à Kundur : le gisement contient également de nombreux fossiles de dinosaures cuirassés (ankylosaures), de dinosaures carnivores (théropodes), de crocodiles et de tortues d'eau douce. Le tamisage systématique des sédiments récoltés a permis la découverte d'une dent appartenant à un mammifère multituberculé. Les multituberculés étaient de petits animaux nocturnes aux mœurs proches de ceux des rongeurs actuels. Bien qu'ils n'aient aucun lien de parenté, ils ont développé, chacun de leur côté, des incisives à croissance continue et des molaires adaptées au broyage de végétaux durs (graines). Le multituberculé de Kundur appartient à une famille typiquement nord-américaine, dont on n'avait jusqu'à présent retrouvé aucun fossile en Asie. Une analyse sédimentologique révèle que les carcasses et ossements retrouvés à Kundur ont été emportés par des coulées de boue récurrentes en provenance du pied des montagnes avoisinantes. Ceci indique un climat sub-tropical, avec des périodes de pluies abondantes. Autour du site à dinosaures, plusieurs niveaux à plantes permettent de se faire une idée assez précise de l'évolution de la flore dans la région de Kundur à la fin du crétacé : on assiste à une diminution assez brutale de la diversité des pollens d'angiospermes (« plantes à fleurs ») au développement de familles actuelles.

L'analyse des feuilles de plantes est donc très utile pour se faire une idée des conditions écologiques locales.

Les derniers dinosaures d'Asie

On a également retrouvé, en analysant au microscope les sédiments de Kundur, de Blagoveschensk et de Jiayin, de nombreux grains de pollens et des spores. Grâce à leurs étonnantes facultés de dispersion, pollens et spores sont un merveilleux outil permettant aux géologues de se faire une bonne idée de l'âge relatif des gisements étudiés. Les trois sites à dinosau-

res de la région de l'Amour se caractérisent par des assemblages polliniques très semblables. Ils peuvent donc être considérés, à l'échelle des temps géologiques, comme contemporains. Mais des assemblages polliniques très proches ont également été décrits de l'autre côté du détroit de Béring, à l'ouest de l'Amérique du Nord. De tels assemblages sont en effet caractéristiques des tout derniers gisements à dinosaures d'Amérique du Nord. Kundur, Blagoveschensk et Jiayin peuvent donc être considérés comme les gisements à dinosaures les plus jeunes d'Asie. Ils datent de la période qui a tout juste précédé la grande extinction des dinosaures, voici 65 millions d'années.

Il est donc très intéressant de comparer la composition des dernières faunes dinosauriennes d'Asie et d'Amérique du Nord. Nous avons donc vu que les faunes de vertébrés terrestres de la région de l'Amour sont très largement dominées par les hadrosaures, et plus particulièrement par des formes à crêtes creuses (lambéosaurinés) ; on n'y a jamais retrouvé de fossiles pouvant être attribués à des dinosaures à cornes (cératopsidiens). En Amérique du Nord, en revabche, les dernières faunes de dinosaures sont largement dominées par les cératopsiens : le célèbre Triceratops, connu par de nombreux crânes et squelettes complets, date d'ailleurs de cette époque. Les lambéosaurinés ont quant à eux apparemment complètement disparu d'Amérique du Nord quelques millions d'années avant la grande crise qui a provoqué l'extinction des dinosaures. On retrouve donc, de part et d'autre du détroit de Béring, deux faunes contemporaines complètement différentes. Cela signifie qu'à la fin du crétacé, ces deux régions étaient isolées géographiquement. Ou alors, leur paléo-environnement était radicalement différent ce qui, à la lumière des premiers résultats obtenus, semble improbable. Dans tous les cas, l'étude des faunes de l'Amour indique clairement que la biodiversité des dinosaures, juste avant l'extinction du groupe, était plus importante qu'on ne le pensait par le seul inventaire des faunes d'Amérique du Nord. Ces nouvelles données plaident en faveur d'une extinction brutale, de type catastrophique, des dinosaures. De telles crises biologiques sont, dans l'histoire de la Terre, dues à des facteurs physiques externes. Malgré toutes leurs étonnantes adaptations, fruits de 160 millions d'années d'histoire évolutive florissante, les dinosaures n'ont pas pu faire face à cet événement improbable. Un seul groupe de dinosaures aura en fait tiré son épingle du jeu : ce sont les oiseaux, dont la biodiversité est encore remarquable à l'heure actuelle.

L'hypothèse la plus en vogue pour expliquer la crise majeure qui marque la fin de l'ère secondaire est l'impact, au large du Mexique, d'un astéroïde géant qui aurait ravagé la surface de la Terre et plongé le monde dans un hiver nucléaire prolongé.

Une partie de la moisson d'ossements fossiles récoltée en 2003. Les ossements sont recouverts de plâtre pour les protéger au cours de leur transport vers le laboratoire. Photo Th. Hubin/IRSNB.

Pascal Godefroit plâtre un ossement d'hadrosaure avant de l'extraire à Kundur, en Russie. Photo Th. Hubin/IRSNB.

Des dinosaures polaires ?

Les gisements à dinosaures de la région de l'Amour sont loin d'avoir révélé tous leurs secrets. En juin - juillet 2005, l'équipe belgo-russe entreprendra une nouvelle campagne de fouilles dans le gisement de Blagoveschensk, délaissé depuis une quinzaine d'années. A cette occasion, le Muséum des sciences naturelles a invité quelques passionnés qui désirent s'initier aux techniques de fouille et à la recherche scientifique à se joindre aux paléontologues professionnels pour vivre une expérience unique. Ce voyage fait partie des activités proposées sous l'égide d'Europalia-Russie.

Les paléontologues rêvent également de pouvoir entreprendre des fouilles systématiques dans le gisement de Kakanaut, au nord-est de la Russie. Ce site, situé dans une région particulièrement inhospitalière à plusieurs centaines de kilomètres de la ville la plus proche, a été découvert au début des années 1990 par Lev Nessov, un célèbre paléontologue de Saint-Pétersbourg. Lors de son bref séjour à Kakanaut, il y récolta des ossements de dinosaures, principalement des hadrosaures et des théropodes. Une étude palynologique (c'est-à-dire des grains de pollens des plantes fossiles ou actuelles) préliminaire a montré que ce gisement était contemporain de Kundur, Blagoveschensk et Jiayin. Suite au décès tragique de Nessov, les fossiles de Kakanaut ont apparemment disparu et plus personne ne s'est aventuré sur ce site. A la fin du crétacé, Kakanaut était situé en région polaire. C'est donc une occasion unique d'étudier les adaptations des dinosaures à ces conditions extrêmes. Si les températures n'étaient pas aussi basses qu'à l'heure actuelle, ils devaient tout de même vivre une grande partie de l'année dans l'obscurité, avec des ressources alimentaires très limitées pour leur grande taille. Comment survivaient-ils ? Migraient-ils vers des cieux plus cléments lors de la saison hivernale? Pouvaient-ils hiberner ? Si certains dinosaures étaient bien adaptés, à la fin du Crétacé, à une période d'obscurité prolongée, pourquoi auraient-ils donc disparu suite à l' « hiver nucléaire » résultant de l'impact d'une météorite ? Ce sont quelques questions auxquelles l'étude du gisement de Kakanaut devrait apporter des éléments de réponse.

P.G.

Le Fleuve Amour, vu de la ville de Blagoveschensk, en Russie. A l'arrière-plan, la ville chinoise de Heihe. Photo Th. Hubin/IRSNB.

Plus

La coopération bilatérale Belgique – Russie : www.belspo.be > coopération > coopération bilatérale > accords bilatéraux

Actualité scientifique de l'Institut royal des sciences naturelles de Belgique : www.sciencesnaturelles.be/science/actus/present/new_dino

Références

Bibliographie

Tout public

La préhistoire expliquée à mes petits enfants ; Jean Clottes ; Seuil 2002
Atlas des premiers hommes ; Henry de Saint-Blanquat, Benoit Clarys ; Casterman 1998
Fossiles et roches ; Chris Pellant ; Nathan mon petit monde 6/9 ans 2000
Les animaux préhistoriques ; W. Lindsay ; Les yeux de la découverte Gallimard
L'évolution ; H. Le Guyader ; Belin pour la science bibliothèque scientifique 2003
Le monde perdu des dinosaures ; J-G. Michard ; découvertes Gallimard 2003
Roches et minéraux ; Chris Pellant ; Larousse l'œil nature 2005
Roches et minéraux ; Sue Fuller ; Poche vu junior 2003
Dinosaures ; W. Lindsay, Neil Clark ; Poche vu junior 2003
La recherche en paléontologie ; auteurs divers ; Seuil points sciences n°538, 1989
Les fossiles, empreinte des mondes disparus ; Y. Gayrard-Waly et h. Thomas; Découvertes Gallimard 2000
Les dinosaures. Quand? Où? Lesquels? ; Nathan questions/réponses 6/9 ans 2005
Dinosaures ; Larousse explore 2000
L'encyclopédie des dinosaures et de la vie animale primitive ; Gallimard jeunesse 2002
Au commencement était l'homme de Toumaï à Cro-magnon ; Pascal Picq ; Odile Jacob 2003

Jeunesse

Cropetite ; Michel Gay ; Ecole des loisirs 2006
Cromignon ; Michel Gay ; Ecole des loisirs 2000
La grotte sacrée ; Olivier Melano ; Ecole des loisirs 2000
Les cro-magnon ; st. Ledu, M Le Huche ; Milan jeunesse, coll. Mes p'tits docs 2006
Livre-rébus pour découvrir les dinosaures ; Y. Cahat, D. Grant ; Gallimard jeunesse Mes 1ères découvertes 2002
L'ami du petit tyrannosaure ; F. Seyvos, A. Vaugelade ; Lutin poche de l'école des loisirs 2003
Tyranno le terrible ; Hans Wilhelm ; Lutin poche de l'école des loisirs 1989
Dinosaures, les seigneurs de la terre ; P. Barret, J.L. Sanz ; Nathan 2005
Dinosaures ; J. Jonhson ; Larousse junior 2005
Dinosaures et autres animaux préhistoriques ; J.B. de Ponafieu ; Les encyclopes de Milan jeunesse 2005
Les dinosaures ; St. Ledu, E Gasté ; Milan jeunesse, coll. Mes p'tits docs 2006

Sites web

Sites en français

www.virtualmuseum.ca
www.dinosoria.com
www.dinosaure.com
www.dinosauriens.info/
http://aix-en-provence1.chez-alice.fr/
http://f.diebold.free.fr/ (les ammonites du Crétacé)

Sites en anglais

www.dinodata.org/
www.dinosauria.com
www.kheper.net/evolution/palaeo.html
www.palaeos.com/
http ://internt.nhm.ac.uk/jdsml/nature-online/dino-directory/
www.bbc.co.uk/sn/prehistoric_life
http://home.alphalink.com.au/~dannj/index.htm#index
http://www.dinoruss.com
www.nmnaturalhistory.org/sci_main.html
http://rainbow.ldeo.columbia.edu/courses/v1001/masterclads.html
www.nationalgeographic.com/dinoeggs/index.html
www.fossilmuseum.net
www.amnh.org/ (American Museum of Natural History)